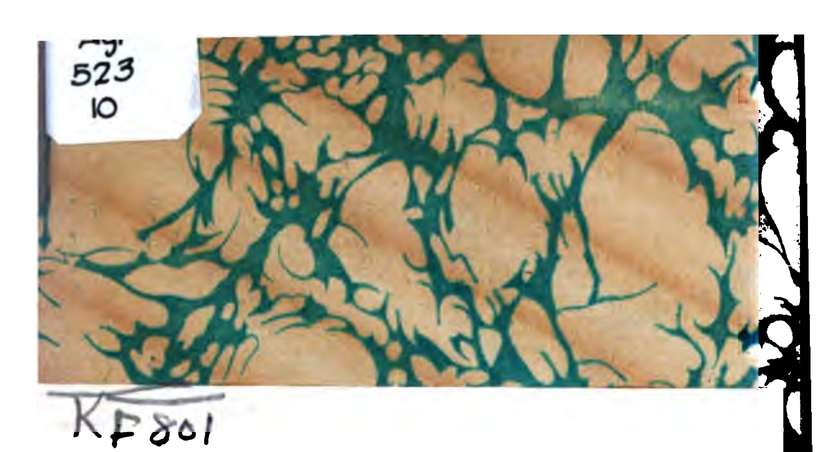
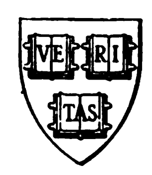
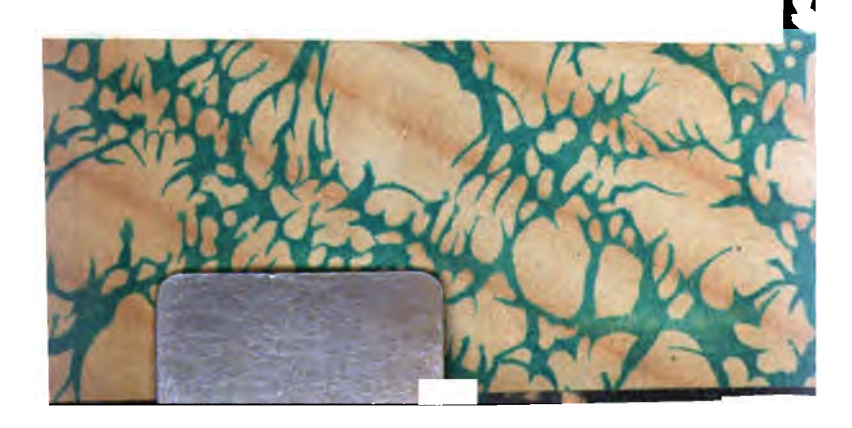

NEDL TRANSFER
HN 3RN5 C


523
10


VE RI
TAS





BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES CONTEMPORAINES

L'AGRICULTURE

ET

LA SCIENCE AGRONOMIQUE

PAR

ALBERT LARBALÉTRIER

DIPLOMÉ DE L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE GRIGNON
PROFESSEUR A L'ÉCOLE PRATIQUE D'AGRICULTURE
DU PAS-DE-CALAIS, ETC.

PARIS
C. REINWALD, LIBRAIRE-ÉDITEUR
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

1888

BIBLIOTHÈQUE

DES

SCIENCES CONTEMPORAINES

XV

PRINCIPAUX OUVRAGES AGRICOLES

DU MÊME AUTEUR.

MANUEL DE MÉTÉOROLOGIE AGRICOLE, appliquée à la physiologie végétale et aux travaux des champs (en collaboration avec M. Canu). 1 vol., 1885. (Hetzel et Cie, édit. Paris.)

LES ENGRAIS ET AMENDEMENTS (1885). 2 vol. (Le Bailly, édit. Paris.)

L'AGRICULTURE FRANÇAISE (1886). 1 vol. (Bibliothèque utile, chez F. Alcan, édit. Paris.)

PROMENADES DANS LES CHAMPS. Causeries agricoles. 1 vol., 1888. (Chez Lebègue, édit. Bruxelles.)

ANALYSE CHIMIQUE DES MATIÈRES AGRICOLES. Notions élémentaires simplifiées. 1 vol. 1887. (Chez Le Bailly, édit. Paris.)

L'ALCOOL au point de vue chimique, agricole, industriel, hygiénique et fiscal. 1 vol., 1888. (Chez J.-B. Baillière, édit. Paris.)

BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES CONTEMPORAINES

L'AGRICULTURE

ET

LA SCIENCE AGRONOMIQUE

PAR

ALBERT LARBALÉTRIER
DIPLOMÉ DE L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE GRIGNON
PROFESSEUR A L'ÉCOLE PRATIQUE D'AGRICULTURE
DU PAS-DE-CALAIS, ETC.

PARIS
C. REINWALD, LIBRAIRE-ÉDITEUR
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

1888

A

MONSIEUR LÉON VASSILLIÈRE

INSPECTEUR GÉNÉRAL DE L'AGRICULTURE

INTRODUCTION

« Qui se fie à une générale expérience, au seul rapport des laboureurs, sans sçavoir pourquoi, il est en danger de faire des fautes mal réparables, et s'esgarer souvent à travers champs, sous le crédit de ses incertaines expériences. »

OLIVIER DE SERRES
(*Théâtre d'agriculture et du mesnage des champs*, 1606).

Depuis le commencement de ce siècle, les progrès incessants et on peut dire vertigineux des sciences, sont venus apporter aux diverses branches de l'activité humaine une foule de données précieuses qui ont complètement transformé les conditions de la production industrielle. La mécanique, la physique, la chimie, la géologie, la botanique, la physiologie, la biologie, la microbiologie, l'économie sociale, l'électricité, la météorologie, etc., unissant leurs efforts, ont amené partout, en même temps que la simplification dans le travail, rendu moins pénible et plus expéditif, un accroissement notable dans la production et aussi, dans le plus grand nombre des cas, une plus grande perfection dans la qualité des produits fabriqués. L'industrie manufacturière, au

point où elle en est aujourd'hui, nécessite le concours forcé de la science; vouloir se soustraire à cette obligation, c'est courir à une ruine certaine. Mais, hâtons-nous de le dire, l'industrie française, aiguillonnée par la concurrence du dehors, n'est pas dans ce cas, bien loin de là, la plupart de nos ingénieurs sont aujourd'hui doublés de savants émérites dont l'unique préoccupation est de faire mieux encore.

Établir un parallèle entre l'industrie actuelle et l'industrie d'il y a seulement cinquante ans, ne serait pas chose facile, à plus forte raison, vouloir comparer l'industrie d'aujourd'hui, libre de toute entrave avec l'industrie rudimentaire et oppressée d'avant la Révolution.

Or, l'agriculture, dans le vrai sens du mot, est une industrie, puisqu'elle fabrique des produits au moyen d'autres produits, ou matières premières, dans le but de réaliser des profits ; mais entre l'industrie agricole et l'industrie manufacturière, il y a une distinction importante à établir ; tandis que cette dernière se borne à transformer les matières premières, dont elle n'utilise, dans la grande majorité des cas, qu'une partie, l'agriculture, elle, transforme indéfiniment ses matières premières, qui sont : l'air, le sol et les engrais. Or, comme le fait si justement remarquer M. Henri Sagnier, tandis que l'agriculture a, sur les autres industries, l'avantage de multiplier ses matières premières, elle a sur celles-ci l'infériorité de dépendre constamment des saisons. Cette dépendance donne la limite de la production agricole ; nul ne peut l'augmenter indéfiniment, mais le propre

de l'agriculteur habile est de connaître les lois qui régissent les forces naturelles, et d'en tirer parti en les coalisant en quelque sorte en sa faveur (1).

Depuis une vingtaine d'années, malgré tous les progrès précédemment signalés, une crise évidente s'est fait sentir sur toutes les branches de la production agricole et industrielle; mais, tandis que l'industrie manufacturière, armée des puissants moyens scientifiques auxquels nous faisions allusion plus haut, a pu engager la lutte, l'agriculture, elle, est restée en arrière et la crise agricole est devenue terrible.

Nous ne pouvons énumérer ici les causes déterminantes de cet état de choses, elles sont nombreuses et fort complexes : mais ici une question se présente tout d'abord : pourquoi cette différence dans la résistance au mal, entre l'industrie et l'agriculture, trouver celle-ci, c'est bien en même temps, trouver le remède au mal!

La plupart des grandes industries sont nées d'hier, adopter les procédés perfectionnés et économiques basés sur les découvertes scientifiques récentes, a donc été chose facile pour elles, d'autant plus que la plupart des industries n'utilisent que dans une faible mesure les forces *brutes* de la nature, mais s'adressent plutôt aux forces qu'on pourrait appeler *artificielles*, c'est-à-dire adaptées par l'homme : vapeur, électricité, etc. L'agriculture, au contraire, dont les origines se perdent dans la nuit des temps, a été,

(1) *La Grande Encyclopédie*, t. I, art. AGRICULTURE.

jusque dans ces dernières années, un art de tradition, dont les règles se transmettaient de père en fils. Or, il est bien plus facile, il faut en convenir, de créer quelque chose de nouveau, que de transformer une chose depuis longtemps établie. Voilà pourquoi, tandis que l'industrie progressait, l'agriculture, elle, sans rétrograder, restait en arrière, car peu de savants daignaient s'abaisser jusqu'à elle et la faire progresser, et ensuite parce que, dans le monde des agriculteurs, peu étaient en état de comprendre et de répandre le progrès, les recherches agronomiques n'étaient donc nullement encouragées ; d'ailleurs l'enseignement agricole était resté en fait, lettre morte jusqu'en 1848.

Cette question de l'enseignement agricole, c'est-à-dire de la divulgation du progrès en ce qui concerne les choses de l'agriculture, est donc d'une importance capitale, tout le monde le reconnaît aujourd'hui, car c'est la grande question à l'ordre du jour.

Nous devons, par cela même, en dire quelques mots, et, pour mieux faire comprendre ce que cet enseignement devrait être, nous ne saurions mieux faire que de comparer l'enseignement agricole tel qu'il est établi en France avec l'enseignement agricole tel qu'il existe chez les autres peuples.

L'Allemagne tient la tête de l'Europe à ce point de vue. C'est le grand agronome Taër qui établit la première école d'agriculture prussienne à Mœglin, en 1807 ; elle fut bientôt érigée en Académie royale d'agriculture ; puis furent créées les écoles de Hohen-

heim, Iéna, Schleisheim, etc. Nous trouvons ensuite : l'École agronomique supérieure de Berlin, les Instituts agronomiques de Breslau, Kœnigsberg, Gœttingen, etc. Indépendamment de ces écoles supérieures, il existe un grand nombre d'académies royales forestières, vétérinaires, etc. Puis viennent les écoles secondaires ou écoles agronomiques, au nombre de seize; les fermes-écoles, au nombre de trente-trois, les écoles d'hiver, etc. Ajoutez à cela un grand nombre d'écoles spéciales de laiterie, d'apicùlture, de drainage, d'horticulture, de maréchalerie, brasserie, distillerie, etc.

La Bavière possède environ vingt-cinq écoles régionales d'agriculture. Enfin, l'Allemagne possède cinquante stations agronomiques et trente laboratoires d'analyses agricoles.

En Angleterre, l'enseignement agricole est absolument libre et indépendant de l'État; c'est l'initiative individuelle qui fait tout; aussi n'y a-t-il guère d'homogénéité. En somme, il n'y a pas d'école proprement dite pour l'agriculture.

La station agronomique de Rothamsted, près Harpenden, fondée en 1834 par M. Lawes, et dirigée aujourd'hui par MM. Lawes et le docteur Gilbert, est l'établissement le plus important; sa renommée est universelle, et ses travaux n'ont pas peu contribué à fonder la science agronomique moderne.

En Autriche-Hongrie, l'enseignement agricole est organisé à peu près comme en Allemagne, toutefois, il a moins d'importance.

En Belgique, l'enseignement de l'agriculture a été

réglé par la loi du 18 juillet 1860 ; il comporte, outre un corps d'agronomes de l'État, l'Institut agricole de Gembloux, une école vétérinaire et un grand nombre d'écoles d'horticulture, dont la plus importante est celle de Gand.

Au Danemark, l'enseignement agricole a été organisé, dès 1801, par la création d'une chaire d'agriculture à l'Université de Copenhague. L'École supérieure agricole et vétérinaire de Copenhague fut fondée en 1858. Puis viennent quinze écoles secondaires, et plus de soixante écoles primaires supérieures d'agriculture.

En Italie, l'organisation de l'enseignement agricole a quelque analogie avec l'organisation française ; nous trouvons, à la tête : l'École supérieure d'agriculture de Milan, puis l'École de Portici, une école spéciale de zootechnie, une école forestière, une de laiterie; cinq écoles spéciales de viticulture, d'œnologie et d'huilerie ; enfin, vingt-quatre écoles pratiques d'agriculture d'un ordre moins élevé, et dix-huit colonies horticoles.

En France, l'enseignement agricole a subi de nombreuses fluctuations. Tel qu'il est organisé aujourd'hui, il comprend :

Les professeurs départementaux d'agriculture ; un par département, dont le rôle consiste à faire des conférences nomades, à renseigner et éclairer les cultivateurs sur les questions que ceux-ci peuvent leur soumettre ; enfin, ils sont chargés en outre d'un cours théorique et pratique d'agriculture à l'École normale d'instituteurs.

Les écoles spéciales comportent :

1° L'Institut national agronomique, établi à Paris, en 1876;

2° Les Écoles nationales d'agriculture, au nombre de trois : Grignon, Grandjouan et Montpellier;

3° Les Écoles pratiques d'agriculture, au nombre de vingt, dont une établie à Alger; celles-ci ont été créées dès 1873, et la loi du 30 juillet 1875 en a consacré l'existence;

4° Les Fermes-Écoles, au nombre de seize;

5° Les Écoles primaires d'agriculture.

Il y a, en France, trois écoles vétérinaires : celles d'Alfort, de Lyon et de Toulouse, une école nationale d'horticulture établie à Versailles, et une école libre, l'Institut agricole de Beauvais.

Une chaire d'agriculture est instituée au Conservatoire des arts et métiers, ainsi qu'une chaire de génie rural et de travaux agricoles.

Enfin, un certain nombre de départements sont dotés de stations agronomiques et de laboratoires agricoles.

Ces établissements ont pour but de mettre à la disposition des agriculteurs un laboratoire, pour la vérification du dosage des engrais, l'analyse des terres, des produits agricoles, etc.; de plus, les stations agronomiques créent des champs d'expériences où sont étudiés l'action des engrais, des variétés nouvelles, etc. Vingt-trois départements en sont pourvus à l'heure actuelle. Ces établissements sont entretenus aux frais des départements. Il existe, en outre, à Paris, à l'Institut agronomique, une station

d'essai de semences. Une station laitière va être établie prochainement en Franche-Comté.

Ce qui manque surtout en France, c'est le haut enseignement de l'agriculture.

A Paris, au Collège de France, à la Sorbonne, on enseigne tout, absolument tout, excepté la science agronomique. Il en est de même dans les facultés des départements. C'est évidemment une lacune très regrettable qui sera comblée un jour ou l'autre. Quant à l'enseignement agricole dans les écoles primaires, dont on parle tant en ce moment, ce n'est pas précisément une idée nouvelle, car Turgot l'a eue dès 1776, et l'Assemblée nationale s'en est préoccupée quinze ans plus tard. L'idée fut reprise dans la loi de 1833 sur l'instruction publique, dans celle du 3 octobre 1848 sur l'enseignement agricole, et enfin dans celle du 16 juin 1879. Toutefois, personnellement nous ne sommes pas d'avis de voir se développer outre mesure l'enseignement de l'agriculture dans les écoles primaires, et cela pour bien des raisons. Que l'instituteur inculque aux enfants le goût de l'agriculture, qu'il les retienne aux champs, qu'ils délaissent si volontiers, qu'il fasse voir à ces jeunes esprits que la vie des champs a en même temps que ses déboires ses charmes et ses attraits, tout comme la vie des cités; enfin, qu'il applique les principes de l'enseignement primaire (arithmétique, dictées, rédactions, etc.) aux choses de l'agriculture, et il aura fait œuvre utile, plutôt que s'il cherche à remplacer l'école pratique d'agriculture ou la ferme-école, il n'y réussirait pas. Ceci est de la plus haute

importance, car, il ne suffit pas de nommer des professeurs et d'avoir des écoles spéciales d'agriculture, il faut y attirer ses élèves.

Le prix modique de la pension dans ces établissements, la gratuité même dans quelques-uns, seront des attraits suffisants pour les enfants qui se sentent vraiment le goût de l'agriculture.

Mais où l'enseignement agricole devrait pénétrer encore, c'est dans les lycées, les collèges et les écoles primaires supérieures ; là, il rendrait de signalés services en ramenant bon nombre de jeunes gens vers les fermes, l'agriculture en profiterait et les écoles de médecine, de droit, d'arts et métiers, etc., ne seraient pas aussi encombrées qu'elles le sont en ce moment.

Si nous avons tant insisté sur l'enseignement agricole, c'est que nous le considérons comme un remède puissant à la crise agricole, c'est par la science que l'agriculture pourra se relever ; or, cette science appliquée, il faut la faire connaître, cela est de toute évidence.

Tous les autres remèdes qu'on a proposés (création de chambres consultatives, champs d'expériences, modification de l'outillage, échanges de parcelles pour combattre le morcellement, irrigation, drainage, création de magasins généraux ou de vente en commun, crédit agricole, associations pour combattre les maladies des animaux et des plantes cultivées, etc.), tout cela s'organisera tout seul, ou à peu près, lorsque les agriculteurs seront instruits, lorsqu'ils seront en état de comprendre les problèmes écono-

miques et scientifiques que ces questions soulèvent.

L'agriculture, nous l'avons précédemment établi, est donc une véritable industrie ; c'est la première de toutes, comme le faisait si judicieusement observer M. Méline (1), au concours agricole de Lille ; « car, disait-il, c'est elle qui fait vivre toutes les autres, et qui les tient dans sa dépendance. Elle est une industrie par sa nature, car elle a pour objet, comme l'industrie, la transformation des matières premières, et la terre n'est en réalité qu'une grande usine de fabrication de produits. Elle est encore une industrie par ses procédés d'exploitation, qui exigent aujourd'hui surtout des machines perfectionnées et l'emploi de grands capitaux. » L'existence de cette *industrie agricole* est irréfutable; quant à la *science agricole*, c'est un vain mot. En effet, l'agriculture scientifique, ou plutôt l'*agronomie*, n'est pas une, car ce nom doit être réservé aux applications raisonnées et coordonnées de la physique, de la géologie, de la physiologie, de la zoologie, de la botanique, de la micrographie, et surtout de la chimie, à l'agriculture.

L'agriculture, pas plus que la verrerie ou la papeterie, n'est une science, toutes trois sont des industries qui se servent *des sciences*. C'est aux agronomes qu'échoit la tâche de faire avancer l'agronomie, c'est aux agriculteurs qu'appartient le rôle d'appliquer les découvertes des premiers et de les utiliser, s'il y a lieu, en vue d'arriver au maximum de rendement, à

(1) *Journal officiel*, 20 décembre 1883.

la bonne qualité des produits et au prix de revient le plus faible; enfin, c'est à l'État qu'incombe la tâche de protéger les uns et les autres. Le rôle de chacun se trouve ainsi bien délimité.

Comme c'est l'agriculture qui pourvoit aux besoins les plus impérieux de la vie matérielle, tout le monde est intéressé aux progrès de la science agronomique, et pourtant, jusque dans ces dernières années, elle n'a guère préoccupé les gens du monde. Pourquoi cette indifférence à l'égard d'une branche des connaissances humaines qui est pour le moins aussi intéressante que l'astronomie ou l'ethnographie, par exemple?

Parce que les ouvrages d'agriculture sont généralement trop techniques. Ou ils s'adressent exclusivement aux praticiens, qui les lisent d'ailleurs rarement, croyant toujours en savoir assez sur *leur métier;* ou bien ils sont exclusivement scientifiques et ne peuvent être compris que par les savants. Il est vrai que par suite du développement qu'a pris, depuis une dizaine d'années, l'enseignement agricole en France, cette dernière cause d'indifférence est en voie d'atténuation et ne tardera pas, dans un avenir prochain, à disparaître complètement; en attendant, nous avons cru bien faire, en présentant au grand public un livre faisant ressortir les rapports qui lient les sciences physiques et naturelles à l'agriculture; nous avons voulu montrer que l'agriculture ne consiste pas seulement (comme beaucoup de personnes se l'imaginent encore) à labourer la terre et à étendre du fumier, qu'elle peut être envisagée

à un point de vue plus élevé et plus philosophique. Que, comme la chimie et la botanique, par exemple, elle peut intéresser et même captiver les esprits cultivés, avides de s'instruire et aimant à se rendre un compte exact des choses.

Nous avons voulu faire ressortir les liens étroits qui relient la physique, la météorologie, la géologie, la minéralogie, la microbiologie, la physiologie, la mécanique, la zoologie, la botanique, l'économie sociale, et surtout la chimie, à l'art de cultiver la terre.

Qu'on ne cherche pas toutefois dans ce livre la manière de s'y prendre pour faire un bon labour ou un bon hersage, comment il faut ensemencer un champ ou récolter telle ou telle plante, ce sont là des questions d'art agricole, de manuel opératoire, dont n'auraient que faire les personnes qui ne sont pas du métier, mais ce que tout le monde doit savoir, c'est *pourquoi* on laboure la terre, *pourquoi* on applique tel engrais à telle culture et *pourquoi* on l'applique à telle époque plutôt qu'à telle autre, etc. La plupart du temps, lorsqu'un citadin en villégiature traverse la campagne et voit un cultivateur ouvrir un sillon, il ne sait pas le pourquoi de cette pratique, et, neuf fois sur dix, le laboureur est aussi ignorant que lui sur ce point, et l'indifférence du premier a généralement pour cause et pour excuse l'ignorance du second.

Il est pourtant bien intéressant, il faut en convenir, de savoir comment la matière inorganique se transforme en substance organisée ; comment une graine

confiée au sol donne naissance à un végétal et par quel mécanisme, l'azote, l'acide phosphorique, la potasse des engrais, l'oxygène, l'acide carbonique de l'air, l'hydrogène de l'eau, etc., se transforment, sous l'action des forces naturelles, en sucre dans la betterave, en fécule dans la pomme de terre, en huile dans le colza. Ce sont là des problèmes du plus haut intérêt.

Encore ne faudrait-il pas se méprendre sur nos intentions; nous n'avons pas voulu expliquer le *pourquoi* de tous les *phénomènes agricoles*, et cela, par cette raison bien simple qu'il y a encore bien des inconnues; il ne faut pas l'oublier, l'agronomie est née d'hier seulement, et, si bien des questions ont été résolues dans ces dernières années, il en est un bien plus grand nombre encore qui appellent les recherches patientes des savants. Mais ces lacunes mêmes, que nous avons tenu à faire ressortir dans ce livre, auront encore leur côté utile dans le cas présent; elles feront voir que, contrairement à ce que l'on suppose généralement, l'agriculteur intelligent, vraiment digne de ce nom, l'agriculteur tel qu'il devrait être, doit posséder les éléments de toutes les sciences naturelles et physiques, car aucune industrie ne nécessite autant de connaissances spéciales.

Les programmes surchargés de nos établissements d'enseignement agricole sont là pour en témoigner; ainsi, l'Institut national agronomique, qui doit former des professeurs et des chefs d'exploitation, comporte : la chimie, la physique, la

météorologie, la technologie, la zoologie, l'anatomie, la physiologie, la zootechnie, l'hygiène vétérinaire, l'hippologie, l'entomologie, la pisciculture, la mécanique, la machinerie, le génie rural, les cultures spéciales, les travaux des champs, la botanique, la physiologie végétale, l'ampélographie, la viticulture, l'arboriculture, l'horticulture, l'économie politique, la législation rurale, la géologie, la minéralogie, l'économie rurale, la comptabilité, la sylviculture, etc., etc.

Comme le fait remarquer Em. Wolff, « une intelligence lucide, un œil vigilant, un esprit éclairé par la science et un jugement exercé par l'expérience et par l'observation, telles sont les conditions que le cultivateur moderne doit posséder et s'approprier de plus en plus pour remplir sa mission, échapper à l'empirisme et ne pas imiter servilement les actes de ses devanciers ».

L'agriculture, l'art de cultiver la terre, considérée dans son acception la plus large, comprend :

1° La production des végétaux ou phytotechnie, comprenant elle-même :

L'*agriculture proprement dite* ou culture des champs;

La *sylviculture* ou culture des forêts;

L'*horticulture* ou culture des jardins;

L'*arboriculture* ou culture des arbres fruitiers;

La *viticulture* ou culture des vignobles;

2° La production du bétail ou zootechnie, intimement liée à la phytotechnie, puisqu'une grande partie des produits de cette dernière servent à l'ali-

mentation des animaux, c'est-à-dire à la production et à l'entretien de ceux-ci.

Comme on le voit, le champ d'investigation est vaste et nous n'avons pu songer une minute à l'épuiser en un volume comme celui-ci. Notre ambition s'est bornée à l'*agriculture proprement dite* et surtout à présenter son état actuel (1888). Notre première intention était d'y comprendre la production animale, mais nous n'avons pas tardé à nous apercevoir que, tout en restant technique, et écartant avec soin les phrases oiseuses et les fleurs de rhétorique, nous nous sommes aperçu, disons-nous, que la production végétale seule suffisait amplement pour remplir le nombre de feuilles dont nous disposions et que la limite imposée à la *Bibliothèque des sciences contemporaines* nous interdisait de dépasser. Nous avons donc écarté, à notre grand regret, les opérations zootechniques, la production du bétail, les questions si intéressantes des méthodes de reproduction, d'hygiène vétérinaire, d'alimentation rationnelle, etc., nous réservant de compléter ultérieurement notre travail, si toutefois le succès vient couronner cette première tentative.

Même en nous restreignant dans ces limites étroites, avons-nous dû négliger certaines parties trop spéciales, telles que les machines agricoles, la comptabilité, etc., il nous a fallu aussi être sobre de détails, renvoyant pour de plus amples informations, en ce qui concerne les sciences pures fournissant leur contingent de données à l'agriculture, aux ouvrages spéciaux, notamment à la *Science économique* de

M. Yves Guyot, à *la Botanique* de M. de Lanessan, à *la Biologie* de M. le docteur Letourneau, et à *la Politique expérimentale* de M. L. Donnat, qui font partie de cette même bibliothèque, et qui, en raison même de l'uniformité de cette collection, sont conçus dans le même plan et le même ordre d'idées que le présent volume.

Notre division, primitivement adoptée, en quatre livres :

1° L'atmosphère et le sol ;

2° Les amendements et les engrais ;

3° Physiologie des cultures ;

4° Production du bétail ;

a donc été modifiée par la suppression de la quatrième partie.

Tout compte fait, et après mûre réflexion, nous en avons fait volontiers le sacrifice, car elle aurait été nécessairement fort incomplète, et, de plus, malgré le cadre restreint que nous nous étions imposé en ce qui la concerne, elle nous aurait forcément conduit à omettre ou à négliger certains faits ayant trait aux trois autres parties, que nos lecteurs seront peut-être bien aises de trouver avec quelque développement.

Quoi qu'il en soit, telle quelle, *l'Agriculture et la Science agronomique*, se bornant à la production végétale, constitue un ensemble complet et un tout homogène.

Qu'on ne cherche pas non plus dans ce livre des données exclusivement originales et des recherches purement personnelles ; celles-ci, nous l'avouons

humblement, ne constituent pas le fond de cet ouvrage, dont le but, nous le répétons, en insistant d'ailleurs sur ce point, est d'exposer, de vulgariser, de mettre à la portée de toutes les intelligences, l'état actuel de l'agriculture et de l'agronomie — les travaux originaux des grands agronomes français et étrangers, volumineux écrits, mémoires techniques et transcendants, dispersés dans une foule de traités, de revues et de journaux spéciaux. La plupart de ces travaux ont été condensés et analysés dans ce volume, nous les avons reliés les uns aux autres et coordonnés dans la mesure du possible ; c'est là surtout la partie originale de ce livre, car les savants chercheurs qui ont fondé et érigé la science agronomique, limités dans la sphère d'action qui lui était propre, n'ont pas toujours suffisamment fait ressortir les liens étroits et souvent imprévus qui relient souvent entre elles des découvertes, au premier abord parfaitement indépendantes et distinctes.

La table des noms d'auteurs qui accompagne ce volume montrera notre impartialité en ce qui concerne les sources auxquelles nous avons puisé ; toutefois, on nous concédera que, tout en évitant les polémiques oiseuses et nécessairement sans profit et sans raison d'être daus un ouvrage du genre de celui-ci, nous n'avons pas reculé devant la critique franche et loyale, dégagée de tout esprit d'école et de parti, combattant sans scrupule les théories fantaisistes et abracadabrantes de quelques soi-disant agronomes, qui ont fait à l'agriculture plus de tort que l'ignorance et la vieille routine. Nous n'avons eu

qu'un but : exposer la vérité ou tout au moins ce que nous croyons bien sincèrement être la vérité, sanctionnée par le bon sens et l'expérimentation rigoureuse.

ALBERT LARBALÉTRIER.

Mai 1888.

L'AGRICULTURE

ET

LA SCIENCE AGRONOMIQUE

LIVRE I

L'ATMOSPHERE ET LE SOL

CHAPITRE I.

L'ATMOSPHÈRE.

I. L'air atmosphérique, sa composition. — L'oxygène, son rôle dans la respiration des animaux et des végétaux. — L'azote. — Fixation de l'azote atmosphérique par la terre arable. — L'ammoniaque et l'acide nitrique de l'air. — L'acide carbonique, son rôle dans la végétation. — Assimilation du carbone par les parties vertes des plantes. — La vapeur d'eau. — État hygrométrique. — L'évaporation dans l'air et dans le sol. — Apport de matières fertilisantes par les eaux météoriques. — L'ozone et la végétation. — Observations ozonométriques. — Les poussières de l'air. — Les organismes microscopiques. — Les microbes.

II. Les phénomènes météorologiques et leur influence sur la végétation. — La pression atmosphérique. — Le calorique, sa répartition, son action sur les plantes. — Influence des maxima et des minima. — Le froid, la gelée. — L'eau atmosphérique. — Brouillards, pluie, neige. — Rôle agricole de la neige. — La lumière et la végétation. — La radiation solaire. — L'électricité atmosphérique. — La grêle, ses effets sur les récoltes.

La connaissance de l'atmosphère a une grande importance en agriculture ; d'abord parce que la plante y puise

une grande partie de sa nourriture, ensuite parce que les différents phénomènes météorologiques qui s'y produisent ont une influence marquée sur la végétation. C'est à ce double point de vue que nous devons étudier l'atmosphère.

I. L'enveloppe aériforme qui, sur une hauteur qu'on évalue à plus de 60 kilomètres, entoure la terre de toute part, constitue *l'atmosphère*. Elle est formée d'un mélange gazeux constitué d'oxygène et d'azote, 20,8 du premier pour 79,2 du second. Indépendamment de ces deux gaz, qui, quoique simplement *mélangés*, sont toujours dans les mêmes proportions, l'air renferme encore d'autres corps, qui s'y trouvent accidentellement, mais qui n'y jouent pas moins un rôle capital ; parmi ces corps, nous mentionnerons l'acide carbonique, la vapeur d'eau, l'ammoniaque, l'acide nitrique, l'ozone, etc.

Quoique la composition de l'air soit constante, dans un même lieu, en ce qui concerne ses deux éléments essentiels, oxygène et azote, il n'en est plus tout à fait ainsi lorsqu'on se déplace. Les analyses de MM. Regnault, Lévy, etc., faites sur des échantillons recueillis dans de nombreuses localités, font voir que dans les pays chauds la proportion d'oxygène peut descendre jusqu'à 20,3. On connaît le rôle de l'oxygène dans l'air; il est indispensable à la vie des animaux; il ne l'est pas moins à l'accomplissement des principales fonctions des plantes. Mais l'oxygène, comme le font remarquer MM. Magne et Baillet, est surtout utile à la vie des plantes par les réactions qu'il provoque dans le sol arable, et qui ont pour conséquence de mettre à la disposition des racines des éléments qui peuvent être absorbés, il détermine la désagrégation de certaines roches en faisant passer au maximum d'oxydation quelques-uns des éléments qu'elles contiennent, il agit sur les composés de fer, de potasse, de soude, de

chaux renfermés dans les terres, et donne naissance à des corps solubles propres à nourrir les plantes. Enfin, il facilite la décomposition des engrais et provoque, aux dépens des matières organiques, la formation de gaz que les feuilles et les racines s'approprient (1).

Comme nous le verrons par la suite, l'oxygène fait partie de presque toutes les matières qui entrent dans la composition des terres, des animaux et des plantes.

Cette importance prépondérante de l'oxygène résulte de ce fait même qu'il est le gaz essentiel de toute combustion, vive ou lente.

Ainsi, comme le fait remarquer M. Wolff, pendant certaines phases de la vie végétale, notamment la floraison, les fleurs n'apparaissent pas ou tombent sans être fécondées lorsque la plante se développe dans un milieu privé d'oxygène. Il y a aussi absorption d'oxygène pendant la maturation des fruits (2).

On sait aussi que les eaux non oxygénées sont impropres à la végétation. M. Hervé-Mangon a démontré que les eaux d'irrigation déterminent dans le sol des phénomènes de combustion lente dus à l'oxygène qu'elles tiennent en dissolution. Ainsi, les quantités d'oxygène entrées et sorties par hectare et par saison dans une prairie du Midi étant respectivement égales à 74 mètres cubes et à 9 mètres cubes, il en résulte une disparition d'oxygène égale à 65 mètres cubes, soit plus de 90 kilogrammes (3).

Nous aurons à revenir sur le rôle de l'oxygène dans la formation de la terre arable et la décomposition des engrais; notons seulement que le sol devient improductif si l'air ne peut pas s'y renouveler. On aura beau y ajouter

(1) Magne et Baillet, *Traité d'agriculture pratique et d'hygiène vétérinaire.*

(2) E. Wolff, *le Fumier de ferme.*

(3) Mangon, *Expériences sur l'emploi des eaux dans les irrigations.*

des engrais : en l'absence d'oxygène, les engrais ne fourniront que des produits nuisibles aux plantes.

« Il arrive, dit M. Barral (1), que beaucoup de sols contiennent des pyrites ou sulfures de fer. Ces pyrites ne seront pas dangereuses si de l'air peut être donné au sol, car l'oxygène de cet air transformera leurs éléments : l'un, c'est-à-dire le soufre, en acide sulfurique; l'autre, ou le fer, en oxyde de fer. C'est ce qui se produit dans la préparation des cendres pyriteuses que l'on fabrique pour l'agriculture, au bord de certaines carrières, par la simple accumulation dans des tas où l'on permet à l'air d'intervenir. Mais supprimez l'introduction de l'air dans les terres pyriteuses, vous aurez beau les fumer, elles continueront à rester, sinon stériles, au moins peu fertiles. »

Voyons maintenant le rôle de l'azote. On trouve ce gaz engagé, dans diverses combinaisons, dans tous les tissus animaux et végétaux. L'azote constitue la partie essentielle de la plupart des engrais. « Certes, si l'azote atmosphérique, dit M. A. Bobierre, pouvait subvenir directement et invariablement à la formation de toutes les espèces végétales, la production des fourrages, et par suite de la viande, deviendrait chose fort simple, et les préoccupations relatives aux engrais seraient peu motivées. Mais il semble que la Providence, en répandant à profusion l'azote dans l'atmosphère et en mettant certaines conditions physiques à sa fixation dans l'organisme des plantes, ait voulu symboliser d'une manière éclatante cette grande loi du travail, qui est tout à la fois l'une des peines et l'une des gloires de l'humanité. L'azote de l'air est comparable à ces minerais précieux, mais sans utilité à l'état brut, qui tirent de l'énergie et de l'intelligence du métallurgiste la haute valeur que leur attribue la société (2). »

(1) Barral, *Traité du drainage.*

(2) A. Bobierre, *Leçons de chimie agricole.*

Ce qu'il importe de bien préciser, avant de pousser plus loin l'étude du rôle de l'azote dans la végétation, c'est que ce gaz joue en quelque sorte un double rôle, selon qu'il est considéré dans les régions supérieures de l'atmosphère ou en présence des éléments du sol. Dans l'atmosphère, il semble, par la faiblesse de ses affinités, destiné à tempérer l'action énergiquement comburante de l'oxygène. En présence des substances poreuses du sol, des réactions de ses alcalis ou de ses principes organiques, cet azote est bientôt engagé dans des combinaisons précieuses pour les végétaux. Autant il est inerte et paraît dénué d'importance chimique dans le premier cas, autant il devient actif dans le second.

Dans l'acte de la respiration, par lequel l'air pénètre dans les poumons, son oxygène seul subit une modification chimique, comme nous le verrons plus loin ; l'azote, lui, ne subit aucune modification et il est rejeté dans l'acte de l'expiration avec toutes ses propriétés. On a cru, pendant longtemps, qu'il était rejeté en quantité égale à celle qui avait été absorbée, mais des recherches récentes ont fait voir que si, dans quelques cas, la quantité d'azote expirée est égale à celle qui a été inspirée, dans d'autres elle est moindre et le plus souvent encore supérieure. Ce dernier cas est le plus fréquent pour l'homme et les animaux supérieurs. D'où peut provenir cet excédent d'azote qui, d'ailleurs, est toujours très faible? D'après MM. Edwards, Dulong, Regnault, Reiset, Barral et Boussingault, il provient d'une partie des principes albuminoïdes de l'économie dont le carbone et l'hydrogène sont entièrement brûlés par l'oxygène inspiré, et dont l'azote s'échappe par les bronches. La proportion d'azote qui s'ajoute ainsi à l'azote de l'air inspiré est, d'après les expériences de MM. Schmidt et Bidder, de moins d'un centième de celui que renferment les aliments ingérés. Le

fait n'en existe pas moins ; aussi, comme le fait remarquer M. Barral, les agriculteurs se trompent lorsqu'ils comptent que tout l'azote, qui n'est point assimilé, se retrouve dans les fumiers.

L'azote libre de l'atmosphère n'est donc pas assimilé directement par les animaux ; l'est-il par les plantes ? Bien des auteurs, et en particulier M. G. Ville, l'ont prétendu, tout au moins en ce qui concerne certaines plantes, telles que les légumineuses. Toutefois, les expériences minutieuses de MM. Boussingault, Lawes, Gilbert, Pugh, etc., ne laissent aucun doute sur l'impossibilité dans laquelle sont les plantes de puiser directement dans l'atmosphère et *à l'état de corps simple* l'azote qui leur est nécessaire. Ceci est donc bien établi. Mais, ainsi que nous le verrons plus loin, l'air atmosphérique renferme d'autres gaz qui, sous l'action d'influences météorologiques déterminées, peuvent se *combiner* avec l'azote et former des composés dont les plantes peuvent s'emparer ; ces corps composés sont l'acide nitrique et l'ammoniaque.

Mais si les plantes ne peuvent fixer l'azote libre de l'atmosphère, il n'en est pas de même de la terre arable, comme le prouvent les récentes recherches de M. Berthelot. Ce savant a constaté, en effet, que 50 kilogrammes de terre conservés dans un grenier, qui contenaient à l'origine 56g,5 d'azote, en renfermaient à la fin 74g,5, soit un gain de 9 grammes pour les 50 kilogrammes mis en expérience.

M. Berthelot a multiplié ces expériences et il est arrivé à cette conclusion : la terre végétale fixe continuellement l'azote atmosphérique libre, même en dehors de toute végétation proprement dite. Ce gain ne saurait être attribué aux apports atmosphériques des composés azotés gazeux ou dissous dans l'eau de pluie : dans les expériences où les eaux pluviales s'écoulaient en dehors, après avoir tra-

versé la terre, la pluie a même enlevé au sol, sous la seule forme de nitrates, plus d'azote qu'elle n'en a apporté sous forme d'ammoniaque et d'acide nitrique réunis. Malgré cette circonstance, la fixation de l'azote a été plus considérable dans une terre lavée par la pluie que dans une terre abritée, sans doute en raison de l'activité plus grande imprimée aux organismes fixateurs d'azote, par la circulation de l'air et de l'eau. L'origine de l'azote fixé pendant le cours de la végétation paraît donc définitivement fixée (1).

Ces belles recherches expliquent les expériences multiples de M. Boussingault, et dans lesquelles quelques plantes cultivées dans un sol absolument privé d'engrais azoté, mais dans l'atmosphere libre, ont acquis de très petites quantités d'azote, c'est-à-dire que dans la plante totale il y a eu un peu plus d'azote que dans la graine dont elle provenait.

Voyons maintenant les éléments variables mélangés à l'air :

L'acide carbonique s'y trouve dans les proportions de trois à cinq dix-millièmes. Les causes qui entretiennent sa présence dans l'atmosphère sont : les éruptions volcaniques, les combustions vives et les combustions lentes, enfin la respiration des végétaux et des animaux.

Nous n'entrerons pas ici dans les détails concernant les phénomènes de la respiration (2). Rappelons seulement que l'oxygène inspiré sert à brûler les substances organiques carbonées, il en résulte de l'acide carbonique.

D'après Wolff, dans le phénomène de la respiration, le corps d'un homme perd journellement au moins

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CIV, p. 305 (janvier 1887).

(2) Voir *la Biologie*, par le docteur Letourneau, 1 vol. (*Bibliothèque des sciences contemporaines*). C. Reinwald, éditeur.

250 grammes de carbone donnant lieu à la production d'environ 1 kilogramme d'acide carbonique, qui est rejeté; chez la vache et le cheval, la quantité de carbone brûlé s'élève de 2 à 2k,5, et celle de l'acide carbonique rendu à l'air, en vingt-quatre heures, de 6 à 8 kilogrammes.

Voici quelques chiffres empruntés à divers auteurs et relatifs aux quantités d'acide carbonique exhalées par quelques animaux dans l'espace d'une heure :

Taureau : 271 litres (Lassaigne); veau de cinq mois, du poids de 62 kilogrammes : 19 litres 64 centilitres (Reiset); mouton du poids de 62 kilogrammes, 17 litres 58 centilitres (Reiset); chèvre : 21 litres (Lassaigne); verrat de 77 kilogrammes : 26 litres 27 centilitres; chien adulte : 2 litres 50 centilitres (Despretz); chat : 1 litre 66 centilitres (Despretz), etc.

Les végétaux jettent aussi dans l'atmosphère une certaine quantité d'acide carbonique, mais ils en absorbent énormément et purifient sans cesse l'air en absorbant ce gaz, dont ils fixent le carbone et rejettent l'oxygène.

La couche aérienne, ne comportant pas moins de 3150 billions de kilogrammes d'acide carbonique, renferme 860 billions de kilogrammes de carbone pur. Or, cette quantité suffit pour alimenter le règne végétal tout entier, pendant une série d'années, du carbone nécessaire à la formation de la substance organique (1).

Le rôle des êtres animés vis-à-vis de l'acide carbonique de l'air est donc bien déterminé : les animaux, par l'acte de la *respiration*, en jettent dans l'atmosphère ; les végétaux, par l'acte de l'*assimilation*, en purifient la couche aériforme.

Des recherches récentes, dues à M. A. Sanson, ont jeté

(1) E. Wolff, ouvr. cité.

un jour tout nouveau sur la question de la quantité d'acide carbonique rejeté par les animaux dans l'acte respiratoire et des conditions qui font varier cette quantité. Il est arrivé aux conclusions suivantes :

Tout d'abord, le genre des animaux influe sur l'intensité de leur fonction respiratoire. A poids égal, les équidés éliminent plus d'acide carbonique que les bovidés dans l'unité de temps.

L'âge a également une influence marquée sur l'élimination de l'acide carbonique. Les jeunes en éliminent proportionnellement plus que les vieux.

La température atmosphérique a une influence très nette sur l'élimination de l'acide carbonique. La quantité éliminée est directement proportionnelle à son élévation. Contrairement à ce qui a été avancé, la respiration élimine d'autant moins d'acide carbonique que la température est plus basse.

La pression barométrique agit en sens inverse de la température. L'élimination diminue à mesure que la pression s'élève ; elle augmente au contraire à mesure que celle-ci s'abaisse.

L'influence de la température et celle de la pression, agissant en sens inverse, se compensent. Une température élevée et une basse pression équivalent à une température basse et une pression élevée, pourvu que les facteurs varient dans les mêmes limites. L'élévation de la température et l'abaissement de la pression additionnent leurs effets et portent l'élimination de l'acide carbonique par les poumons à son maximum d'intensité (1).

La quantité d'acide carbonique dans l'air semble plus élevée à la surface du sol qu'à une certaine hauteur dans

(1) A. Sanson, *Recherches expérimentales sur la respiration pulmonaire des grands mammifères* (*Journal de l'anatomie et de la physiologie* de M. Ch. Robin, nos de mars et avril 1876).

l'atmosphère. Comme l'a observé de Saussure, il y a plus d'acide carbonique pendant la nuit que pendant le jour. La plus grande augmentation nocturne est d'un tiers de la quantité diurne.

Ce n'est que sous l'action des vents que la proportion d'acide carbonique est plus forte dans les régions basses que dans les couches élevées. En effet, des expériences récentes montrent que la quantité d'acide carbonique s'accroît progressivement avec l'altitude ; qu'elle s'élève jusqu'à 8,7 parties pour 10,000 sur un sommet élevé de 3364 mètres, et que les variations de quantité ne se produisent pas sur les hauteurs comme dans la plaine (1).

Les variations si remarquables dans la quantité d'acide carbonique que M. de Saussure a observées à Genève, selon les époques des jours et de l'année, devront se manifester aussi, fait remarquer M. le comte A. de Gasparin, selon les lieux et les climats divers. Des expériences semblables aux siennes, faites dans des localités éloignées, en donneraient sans doute la preuve et révéleraient une des causes de la fertilité de certaines contrées et de la stérilité de beaucoup d'autres. Rappelons-nous, en effet, que ce même savant a prouvé (2) que la végétation était favorisée par un accroissement de l'acide carbonique de l'atmosphère jusqu'à la proportion de 8 de ce gaz sur 100 d'air, quantité 160 fois environ plus forte que celle qui existe dans l'air que nous respirons aujourd'hui, cette dernière quantité étant comprise entre 4 et 6 dix-millièmes. Si une dose pareille de gaz acide carbonique était mêlée à l'air, les animaux à respiration aérienne cesseraient de pouvoir y vivre, mais les plantes y prendraient un développement considérable.

M. A. Brongniart a basé sur cette considération une

(1) *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. LXXVI.
(2) *Recherches sur la végétation*.

hypothèse pour expliquer la formation des houillères, en supposant une végétation très développée de grandes fougères, de cycadées, de conifères, croissant dans un air surabondant en acide carbonique, le dépouillant peu à peu de cette surabondance, solidifiant son carbone et le rendant graduellement propre à admettre la vie animale (1). L'acide carbonique serait ainsi descendu à la faible proportion que l'on trouve aujourd'hui. Peut-être des calculs mathématiques sur la masse présumée des houilles suffiraient-ils pour expliquer cette disparition, sans même avoir recours à la formation de ces innombrables roches carbonatées que l'on pourrait supposer avoir été produites par des éruptions de chaux alcaline et non saturée (2).

Cette dernière supposition n'a pour objet que d'appuyer sur le fait du rôle purificateur des plantes eu égard à l'acide carbonique de l'atmosphère. Son auteur ne met certes pas en doute les actions chimiques dont l'acide carbonique a été la cause et dont le résultat a été la formation de roches diverses et la décomposition de quelques autres, telle que la destruction des silicates appartenant aux roches cristallines, mise en évidence par M. Ebelmen, et sur laquelle nous aurons à revenir en traitant de la formation de la terre arable.

Comme on voit, l'acide carbonique de l'air joue un rôle important en agriculture. Nous aurons d'ailleurs à revenir sur ce corps en traitant des gaz de la terre végétale. Notons pour l'instant que l'air du sol contient des proportions d'acide carbonique assez fortes. Ainsi, d'après Boussingault, 10000 litres d'air contenus dans le sol, à la profondeur ordinaire des labours, en contiennent 90 dans les

(1) *Annales des sciences naturelles*, t. XV.
(2) C[te] de Gasparin, *Cours d'agriculture*, t. II.

terres fumées depuis un an, et 980 dans les terres fumées depuis neuf jours (1).

La quantité de vapeur d'eau renfermée dans l'air est excessivement variable; une partie spéciale de la physique, l'hygrométrie, a pour objet la mesure de cette quantité qui varie, d'ailleurs, avec des causes très multiples, au nombre desquelles se trouve surtout la température.

L'origine de cette vapeur d'eau ne peut être que l'évaporation des nombreuses et immenses nappes liquides qui couvrent plus des huit onzièmes de la surface de notre globe.

Nous aurons à nous occuper, un peu plus loin, du rôle de la vapeur d'eau dans l'atmosphère et des phénomènes météorologiques qu'elle y détermine ; pour l'instant, étudions-la au point de vue statique. On a calculé que 1 mètre carré d'une surface liquide laisse évaporer 1 décimètre cube ou 1 litre par vingt-quatre heures, en moyenne, d'où il résulte que 1 kilomètre carré de la surface de la mer évapore chaque jour 1000 mètres cubes d'eau ou 1 million de litres qui se répandent dans l'atmosphère. D'ailleurs, l'évaporation qui se produit à la surface des fleuves, rivières, ruisseaux, lacs, etc., est d'autant plus intense, que la température est plus élevée; ainsi, dans la zone tempérée, elle est plus faible que dans la zone torride; d'ailleurs, tandis que, dans les plaines du nord de la France, elle est en moyenne de 620 millimètres, elle s'élève à 1 860 millimètres dans l'Italie septentrionale. De plus, les vents augmentent notablement l'évaporation.

L'humidité atmosphérique peut être et est en partie absorbée par la terre arable, qui la condense dans son sein.

(1) F. Canu et A. Larbalétrier, *Manuel de météorologie agricole*.

Chose curieuse, on a remarqué que sous l'influence de l'humidité atmosphérique certains végétaux accomplissent des mouvements. C'est ainsi que le mouron des champs (*anagallis arvensis*), auquel on donne d'ailleurs, dans bien des localités, le nom de « baromètre du pauvre homme », ferme ses fleurs par un temps humide; il en est de même du liseron des champs, du souci pluvial, etc.; la pimprenelle, au contraire, ouvre ses fleurs lorsque l'air est fortement chargé de vapeur d'eau.

L'ammoniaque et l'acide nitrique, qu'on trouve dans l'atmosphère en quantités d'ailleurs variables, quoique jouant un rôle moins important que les corps précédents, ne méritent pas moins de nous arrêter un instant.

La présence de l'ammoniaque dans l'air fut signalée tout d'abord par Liebig et Bergmann, mais c'est à MM. Boussingault, Barral, Filhol et Bineau qu'on doit les premiers dosages concernant cette substance.

L'ammoniaque de l'air provient de différentes sources: il se dégage des substances organiques azotées en voie de décomposition (fermentation putride); il se dégage encore, en quantité considérable, des fosses d'aisances (fermentation ammoniacale), des fumiers, etc.; enfin, pendant les orages, sous l'influence de l'électricité, l'hydrogène de la vapeur d'eau atmosphérique peut se combiner avec l'azote de l'air et donner naissance à cet alcali.

Il y a plus d'ammoniaque dans l'atmosphère des villes que dans celle des campagnes; d'après Frésenius, il y en a plus la nuit que le jour; enfin, la dose d'ammoniaque de l'air est encore influencée par l'altitude, les saisons, la nature des lieux, la direction des vents, leur violence, la pluie, etc.

L'ammoniaque, étant très soluble dans l'eau, ne reste pas longtemps dans l'air et se trouve entraînée par les pluies, les brouillards, la rosée, etc.

Dans les eaux de pluie, l'ammoniaque a été étudiée par MM. Boussingault et Bineau; le premier a trouvé une proportion pouvant atteindre 7 milligrammes par litre d'eau, le second a trouvé des chiffres encore plus forts, 28 ou 29 milligrammes par litre.

D'après M. Boussingault, la proportion d'ammoniaque est beaucoup plus forte au commencement d'une ondée qu'à la fin. Ainsi, il a successivement trouvé :

Au commencement d'une ondée..	1,15	milligr.
Plus tard........................	0,70	—
Plus tard........................	0,20	—
Plus tard........................	0,10	—
A la fin........................	0,03	—

Après une interruption de sept heures dans la pluie, il retrouva, au commencement : 1 milligramme trois dixièmes.

Après une longue suite de jours sans pluie, la proportion d'ammoniaque s'éleva jusqu'à 7 milligrammes par litre au commencement de la première ondée, puis descendit successivement à 3 milligrammes, à 1 milligramme et demi et à trois dixièmes de milligramme à la fin.

Nous pouvons résumer de la manière suivante les résultats auxquels est arrivé M. Boussingault (1) :

Lorsque, à partir du commencement de la pluie, la couche d'eau s'élève, en moyenne :

A 0mm,5,	elle contient	3,11	milligr. d'ammoniaque	par litre.
De 0,5 à 1	millimètre,	1,20	—	—
De 1 à 5	—	0,70	—	—
De 5 à 10	—	0,45	—	—
De 10 à 15	—	0,45	—	—
De 15 à 20	—	0,41	—	—
De 20 à 31	—	0,40	—	—

(1) Isidore Pierre, *Chimie agricole*, t. I.

C'est donc dans les premières parties de l'eau tombée que se trouve la plus forte proportion d'ammoniaque.

Un temps très court, quelques heures suffisent pour que la proportion d'ammoniaque des eaux qui tombent ensuite redevienne beaucoup plus considérable, et la quantité d'ammoniaque est alors d'autant plus forte qu'il s'est écoulé plus de temps avant la pluie (1).

M. A. Bobierre a étudié l'influence des saisons et de l'altitude sur la proportion d'ammoniaque renfermée dans les pluies ; dans ses expériences, commencées en 1863 (2), il a dû traiter 372 litres d'eau pluviale.

Il avait placé deux pluviomètres dans des conditions bien distinctes. L'un à 7 mètres au-dessus de l'étiage de la Loire et au centre d'un quartier bas et populeux, où stagnent des brumes fréquentes ; l'autre était placé sur une plate-forme, à 47 mètres d'altitude et dans un quartier sain, où les habitations sont en nombre restreint.

Avec ces deux instruments, observés pendant une année, il a vu que les chiffres exprimant l'ammoniaque ont subi une décroissance notable pendant la saison chaude, et qu'ils se sont relevés pour les deux stations aux approches des froids.

Dans le tableau suivant se trouvent résumés les résultats auxquels est arrivé cet habile expérimentateur.

(1) Isidore Pierre, ouvr. cité.

(2) A. Bobierre, *Recherches sur les eaux pluviales en* 1863 (*Annuaire de la Société académique de Nantes*).

AMMONIAQUE DANS 1 MÈTRE CUBE D'AIR. (Tableau I.)

MOIS.	PLUVIOMÈTRE du quartier bas et peu salubre (7 m. au-dessus de l'étiage).		PLUVIOMÈTRE du quartier élevé et salubre (47 m. au-dessus de l'étiage).	
	QUANTITÉ mensuelle.	MOYENNE trimestrielle.	QUANTITÉ mensuelle.	MOYENNE trimestrielle.
Janvier.....	gr 6,698		gr 5,255	
Février.....	5,900	gr 7,072	4,610	gr 3,915
Mars.......	8,620		1,880	
Avril.......	6,680		1,840	
Mai........	4,642	5,097	0,747	1,603
Juin........	3,970		2,222	
Juillet......	2,700		0,272	
Août.......	2,112	3,441	0,257	0,658
Septembre..	5,512		1,432	
Octobre.....	4,289		1,688	
Novembre ..	4,480	8,144	0,593	1,819
Décembre...	15,665		3,178	
TOTAL...	gr 71,268		gr 23,974	
Moyen du mois	gr 5,939		gr 1,997	

En admettant, avec M. I. Pierre, que l'eau de pluie renferme en moyenne trois quarts de milligramme d'ammoniaque par litre, et qu'il tombe annuellement, en France, 85 centimètres d'eau, chaque hectare de terre recevrait environ 7 kilogrammes d'ammoniaque par les eaux pluviales.

Mais il n'y a pas que la pluie qui s'empare de l'ammoniaque atmosphérique, la rosée, la neige, les brouillards en apportent encore une notable quantité sur le sol.

M. Boussingault a dosé des proportions très notables d'ammoniaque dans les brouillards, c'est ce qui explique pourquoi, dans certaines circonstances, le brouillard est

doué d'une odeur pénétrante qui affecte les organes de la respiration.

En ce qui concerne la neige, M. Boussingault a trouvé $0^{mg},70$ par litre d'eau provenant de la neige tombante. Or, trente-six heures après la chute, un litre d'eau provenant de la fusion des neiges contenait :

$1^{mg},78$ sur une terrasse;

$10^{mg},34$ sur la terre d'un jardin contigu à la terrasse.

Ce dernier chiffre a son importance, car il prouve que la neige non seulement apporte de l'ammoniaque qu'elle enlève à l'air, mais qu'elle intercepte et absorbe celle qui se dégage du sol.

D'après les recherches de MM. Bineau et Boussingault, les rosées, fort riches en ammoniaque, auraient apporté, en 1853, le chiffre considérable de 29 kilogrammes par hectare.

Nous venons de voir que, l'ammoniaque étant très avide d'eau, puisque celle-ci en dissout 783 fois son volume à la température de 15 degrés, ce gaz ne peut rester longtemps suspendu dans l'air. Toutefois, dans les contrées chaudes et surtout sèches, l'ammoniaque reste et, comme sa production est à peu près continue, sa proportion augmente.

Quelle peut être l'action de l'air ammoniacal sur la végétation? M. Schlœsing a étudié ce sujet sur des plants de tabac.

Après avoir mis en évidence l'absorption de l'ammoniaque par les feuilles au moyen d'un dispositif très ingénieux, le savant professeur s'est demandé ce que devient l'ammoniaque ainsi absorbée. Il est arrivé à cette conclusion que cet élément forme des composés organiques (albumine, fibrine végétale, etc.), car il n'a retrouvé dans les plantes analysées ni d'azote à l'état nitrique, ni d'azote à l'état ammoniacal.

Le fait essentiel qui résulte des expériences de M. Schlœsing est la démonstration de la transformation en matière protéique de l'azote contenu dans l'ammoniaque absorbée par les feuilles du tabac.

M. Mayer a fait des expériences non moins concluantes dans le laboratoire de l'Université d'Heidelberg en opérant sur des blés.

Il est arrivé aux conclusions suivantes, résumées par M. Grandeau (1) :

1° Les organes verts des végétaux supérieurs ont la faculté d'assimiler le carbonate d'ammoniaque gazeux ou dissous dans l'eau;

2° Cette absorption d'ammoniaque n'est pas un phénomène purement mécanique; elle a, dans des conditions favorables, pour résultat une transformation physiologique; c'est une des formes de l'assimilation de l'azote par les végétaux;

3° La nutrition par cette absorption d'azote peut, dans le cas où toute autre alimentation azotée fait défaut à la plante, amener une augmentation dans la masse de la substance organique du végétal;

4° Les végétaux verts sont, par tous leurs organes, très différemment impressionnables au carbonate d'ammoniaque.

Une quantité trop considérable de ce composé peut amener la mort des organes qui sont mis en contact avec lui.

M. Georges Ville a fait également sur ce sujet des expériences fort intéressantes. Il a cultivé des plantes dans l'air pur et dans l'air chargé d'ammoniaque, à la dose de 0,041 pour 100.

(1) L. Grandeau, *Chimie et Physique appliquées*, t. I, LA NUTRITION DES PLANTES.

Or, l'analyse chimique de ces plantes lui a montré que celles venues dans l'air ammoniacal contiennent plus d'azote que celles venues dans l'air pur.

Il a trouvé, en outre, qu'à la dose de 0,0002, et surtout à celle de 0,0004, l'ammoniaque ajoutée à l'air exerce une influence extraordinaire sur la végétation (1).

C'est ainsi qu'il a trouvé en 1850 :

Plantes venues dans			
L'air pur.	Azote p. 100.	L'air ammoniacal.	Azote p. 100.
Colza...........	1,99	Colza...........	4,20
Blé.............	1,10	Blé.............	3,77
Seigle..........	1,18	Seigle...	3,07

M. A. Guibert, se basant sur ces expériences, a cultivé des plantes d'ornement dans quatre serres, où il faisait des fumigations ammoniacales. Il en a tiré les conclusions suivantes : développement remarquable de la végétation, mais floraison peu abondante.

Au total, au moyen de l'ammoniaque, on peut modifier le cours ordinaire de la végétation, arrêter, ou tout au moins ralentir, la floraison et, par suite de ce temps d'arrêt, provoquer un développement remarquable de nouvelles feuilles.

Or, à la suite de toutes ces observations, M. Georges Ville a soumis aux horticulteurs les conjectures suivantes : d'une manière générale, le fruit est une feuille modifiée. Lorsque ces modifications n'altèrent pas l'épiderme, au point de le rendre dur ou corné, le fruit doit participer de la faculté que possèdent les feuilles d'absorber les gaz.

« Je crois, dit M. Ville, qu'on pourrait favoriser la croissance des melons, des pastèques, des raisins, des pêches,

(1) G. Ville, *Recherches expérimentales sur la végétation*. Paris, 1868.

en les exposant à des émanations faibles et constantes d'acide carbonique et d'ammoniaque. Pour les melons, je comprendrais qu'on mît une poignée de bon fumier sous les cloches dont on a l'habitude de les recouvrir, et qu'on le changeât de temps en temps. Dans les serres à vigne, je conseillerais l'emploi du même moyen. De petits tas de fumier, placés immédiatement au-dessous du fruit, formeraient autour de lui une atmosphère artificielle chargée d'ammoniaque et d'acide carbonique (1). »

Or, l'expérience a confirmé la justesse de ces inductions théoriques : si l'on projette, sur les grappes de raisins, de l'eau à l'état de fine poussière, à l'aide d'un appareil où la division de l'eau est déterminée par un courant d'air, et si cette eau contient en petite quantité du carbonate d'ammoniaque, les grains des grappes soumis à ce traitement acquièrent un volume double des autres. L'essai en a été fait, à Thomery, sur des chasselas; il a complètement réussi.

L'acide nitrique de l'air a pour origine l'électricité atmosphérique. Ce corps, étant très soluble dans l'eau, est, comme l'ammoniaque, ramené sur le sol et contribue, dans une certaine mesure, à son enrichissement. C'est ainsi que, d'après les expériences de M. Barral, il résulte qu'un hectare de terre des environs de Paris a reçu, en une seule année, le chiffre énorme de 63 kilogrammes d'acide nitrique.

Liebig supposait que les pluies d'orage seules contenaient de l'acide nitrique. Or, les analyses de MM. Bineau et Barral ont prouvé le contraire. Il est à remarquer, en effet, que les orages ne sont pas les seules manifestations électriques qui se produisent dans l'atmosphère; presque toutes les actions chimiques donnant lieu à des phénomènes

(1) G. Ville, ouvr. cité.

électriques, on comprend sans peine que l'atmosphère, qui est le théâtre de combinaisons et de décompositions chimiques multiples, soit toujours plus ou moins électrisée.

On sait que dans l'air l'azote et l'oxygène sont simplement mélangés; sous l'influence de l'électricité, ces deux corps se combinent dans les proportions de 5 du second pour 1 du premier, et l'acide azotique ou nitrique prend ainsi naissance.

La quantité d'acide nitrique amenée ainsi par les eaux varie avec les saisons. C'est ainsi que M. Bineau a trouvé, en 1853, les quantités suivantes par litre d'eau de pluie tombée à Lyon :

3/10	de milligr.	d'acide azotique	par litre	en hiver.
1	milligramme	—	—	au printemps.
2	—	—	—	en été.
1	—	—	—	en automne.

On aurait donc, pour cette localité et pour cette année, une moyenne de 1 milligramme par litre, ce qui correspondrait à 10 kilogrammes par hectare environ, tous les ans.

Mais il faut ajouter à ce chiffre l'acide azotique amené par les brouillards et les rosées, qui sont plus riches en acide nitrique, par ce fait même que ces deux météores se forment, comme nous le verrons plus loin, dans les couches inférieures de l'atmosphère.

Pendant un orage, en août 1857, la première pluie recueillie par M. Boussingault contenait $2^{mg},09$ d'acide azotique par litre; la suivante, $0^{mg},25$; la troisième, $0^{mg},19$ seulement; ces différences sont faciles à expliquer, par ce fait que les premières fractions d'une pluie balayent l'atmosphère d'une façon suffisante pour rendre les dernières parties tombées beaucoup moins riches.

Il est encore à remarquer que les pluies fines et serrées tombant lentement, enlèvent à l'atmosphère des quantités d'acide nitrique plus considérables que les pluies tombant à grosses gouttes et avec violence.

Cette remarque s'applique également à l'ammoniaque atmosphérique.

Voici les quantités d'azote nitrique en milligrammes ramenées à 1 litre d'eau, trouvées à Paris durant l'année 1880 (1) :

Tableau II.

MOIS.	OBSERVATOIRE de Montsouris	BUTTES-CHAUMONT	DÉPOTOIR de la Villette.	JARDIN d'acclimatation.	MOYENNE mensuelle.
	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr
Janvier....	0,9	0,4	1,0	0,7	0,8
Février....	0,8	0,8	0,9	0,6	0,8
Mars......	0,8	0,8	0,5	1,0	0,8
Avril......	0,3	0,3	0,4	0,7	0,4
Mai.......	0,4	0,9	1,1	0,8	0,8
Juin......	0,6	1,0	0,7	0,9	0,8
Juillet	0,5	0,6	0,8	0,4	0,6
Août......	2,4	2,9	2,7	»	2,7
Septembre.	2,0	1,8	1,4	2,1	1,8
Octobre. .	1,2	1,7	1,3	1,6	1,5
Novembre.	2,2	1,6	2,5	2,2	2,2
Décembre .	1,5	1,5	1,0	1,2	1,3
Moyenne annuelle...	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2

En général, la neige contient plus d'acide nitrique que la pluie ; ainsi, le maximum d'acide nitrique contenu à Paris dans les eaux pluviales des mois de janvier, février et mars 1858, ne dépassait pas 2mg,11 par litre, et le minimum ne s'élevait qu'à 0mg,37 ; dans la neige, au

(1) *Annuaire de l'observatoire de Montsouris pour* 1881.

contraire, le maximum atteignit, en février, 4 milligrammes (1).

La rosée contient de grandes quantités d'acide nitrique. M. Boussingault, en recueillant de la rosée dans le courant d'août, septembre et octobre 1857, trouva que cette rosée, qui représentait une couche d'eau variant entre 6 et 27 centièmes de millimètre d'épaisseur, contenait de $0^{mg},08$ à $1^{mg},12$ d'acide azotique par litre.

Les actions électriques dont l'atmosphère est le siège peuvent encore modifier la constitution de l'oxygène de l'air et le transformer en *ozone*, dont les affinités chimiques sont plus intenses que celles de l'oxygène.

Ce qui caractérise essentiellement l'ozone, ce sont ses propriétés oxydantes énergiques et son odeur alliacée toute spéciale, odeur que l'on rencontre sur le passage de la foudre.

Notons que l'ozone ne se trouve jamais dans l'atmosphère qu'en proportions très faibles, un quatre cent cinquante millionième environ (2).

Son existence dans l'air est très fugitive; il passe rapidement à l'état d'eau oxygénée ou de produit nitreux par sa combinaison chimique avec l'eau ou l'azote de l'air; ou bien il disparaît en présence des produits d'origine organique qu'il oxyde (3).

Quoique le rôle agricole de l'ozone ne soit pas encore bien élucidé, M. A. Houzeau (4), à la suite d'expériences nombreuses le concernant, a pu établir quelques faits qui semblent désormais acquis à la science. Nous allons les

(1) Is. Pierre, *Chimie agricole*, t. I.

(2) F. Canu et A. Larbalétrier, *Manuel de météorologie agricole*.

(3) Dr Marié-Davy, *Météorologie et Physique agricoles*.

(4) A. Houzeau, *Encyclopédie pratique de l'agriculteur*, t. XI, art. OZONE.

résumer très brièvement d'après le travail même de cet auteur.

Tout d'abord, dans quelles circonstances se forme l'ozone de l'atmosphère?

Bien que la plupart des météorologistes prêtent une origine électrique à l'ozone de l'atmosphère, puisqu'on produit de l'ozone en électrisant de l'oxygène libre, nous ne pouvons cependant nous empêcher de remarquer que cette origine n'est pas prouvée. Autant il est aisé d'obtenir de l'ozone en électrisant *l'oxygène pur*, autant il est difficile d'arriver au même résultat avec de l'oxygène souillé d'air; dans ce cas, il se produit surtout de l'acide nitreux. Par ce motif, on est donc déjà suffisamment autorisé à ne pas considérer sûrement l'*éclair* comme la source de l'ozone atmosphérique, d'autant plus que l'observation directe prouve qu'il y a de nombreuses manifestations d'ozone sans tonnerre ni orage. Mais il n'en est plus de même si l'on considère l'action de l'électricité ayant une autre source que le feu du ciel, telle que l'électricité développée par l'évaporation de l'eau des lacs, des fleuves, de l'océan, ou par le frottement des molécules de l'air humide agité par les vents. On peut croire à cette électricité-là. Toutefois, on ne devra l'enregistrer définitivement dans la science qu'après des épreuves certaines (1).

M. Houzeau, en opérant ou en faisant opérer comparativement le même jour, à la même heure, avec les mêmes instruments, sur l'air de Paris, de Rouen ou de la campagne environnante, a démontré :

1° L'influence des localités sur la manifestation des propriétés de l'air atmosphérique, car, tandis qu'en janvier 1862, il n'y avait aucune manifestation d'ozone dans l'air de la capitale, il y en avait trois dans l'air de Rouen et une douzaine dans l'air de la campagne;

(1) A. Houzeau, ouvr. cité.

2° Une manifestation plus générale d'ozone à la campagne de Rouen que dans la ville elle-même, et plus encore dans cette dernière que dans Paris ;

3° L'influence des saisons sur la manifestation des propriétés de l'air atmosphérique, la manifestation d'ozone étant plus générale au printemps que dans les autres saisons (Rouen).

Il résulte, en outre, que l'ozone manifeste sa présence plus souvent les jours de pluie que les jours de beau temps (1).

De plus, l'ozone manifeste sa présence plus souvent les jours où l'atmosphère est agitée.

Nous dirons maintenant avec M. Houzeau, que, quoiqu'il règne encore quelque obscurité dans tout ce qui se rattache à l'histoire de l'ozone, bien des faits sont déjà acquis.

Rien que l'existence de ce principe dans l'atmosphère est de nature à modifier nos idées actuelles sur certaines questions de météorologie et sur l'explication à donner d'un grand nombre de phénomènes agricoles incompris ou mal interprétés. Il est impossible, en effet, qu'un agent aussi actif que l'ozone, et dont la diffusion dans l'air de la campagne surtout est si réelle, ne participe pas aux mille réactions chimiques qui se passent incessamment à la surface du globe, et dont les métamorphoses de la plante et de l'animal ne sont pas la moindre expression.

C'est ce que bon nombre de savants ont parfaitement compris ; aussi ne saurait-on trop recommander d'annexer aux observatoires météorologiques des réactifs et dispositifs aptes à doser l'ozone atmosphérique.

A l'École d'agriculture de Berthonval, nous employons

(1) Cette observation a été vérifiée par nous à l'observatoire météorologique de l'École d'agriculture du Pas-de-Calais.

à cet effet le papier ozonométrique du docteur James, de Sedan, en suivant les indications publiées à ce sujet par M. Ad. Bérigny :

Comme l'état ozonique de l'air a des relations avec les variations atmosphériques, le papier sensible est placé à côté des instruments qui enregistrent ces variations.

Excepté à la pluie et au soleil, qu'il faut éviter, l'on devra mettre ces papiers dans toutes les conditions possibles, afin de recherccher même l'influence des miasmes; mais il est important d'indiquer ces conditions, l'orientation et la hauteur au-dessus du sol.

Les heures les plus convenables pour faire les observations dans notre climat paraissent être six heures du matin et six heures du soir, parce qu'elles donnent, moyennement pour l'année entière, l'influence du jour et celle de la nuit.

A l'observatoire de Montsouris, M. Albert Lévy dose, depuis dix ans, l'ozone de l'air par l'arsénite de potasse; ses résultats sont publiés chaque semaine dans le *Bulletin hebdomadaire de statistique municipale*, et chaque mois le *Bulletin mensuel* résume les analyses faites pendant le mois écoulé.

Les moyennes ainsi publiées sont groupées par semaine, du dimanche au samedi suivant, afin qu'elles puissent être comparées aux autres tableaux du *Bulletin*.

La méthode d'analyse n'a pas varié depuis dix années; les lectures sont faites avec le même soin, et les liqueurs sensibles sont régulièrement titrées.

Voici ces résultats, de 1877 à 1886, groupés par mois; ils indiquent en milligrammes les quantités d'ozone contenues dans 100 m³ d'air du parc de Montsouris (1).

(1) *Annuaire de l'observatoire de Montsouris pour* 1887.

Tableau III.

MOIS.	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	Moyenne
	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr
Janvier	2,3	1,6	0,5	0,1	0,5	0,7	0,7	1,8	1,1	1,8	1,1
Février	3,0	1,6	1,8	0,7	1,0	0,9	0,6	2,0	1,6	2,8	1,5
Mars	2,8	1,5	0,5	0,4	1,6	0,6	(1,2)	1,0	1,4	2,2	1,3
Avril	2,0	1,4	0,7	0,8	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	»	1,2
Mai	1,5	2,2	0,9	0,4	0,9	0,9	0,7	2,1	2,6	2,4	1,5
Juin	1,3	1,8	1,0	0,7	1,1	0,8	1,0	2,4	2,4	1,8	1,4
Juillet	1,8	1,5	0,9	1,2	1,2	0,4	1,2	2,4	2,2	1,8	1,5
Août	1,3	1,7	(1,6)	0,9	0,6	0,6	0,7	3,4	2,4	»	1,4
Septembre	1,1	1,8	1,1	0,6	1,0	0,6	1,2	2,0	2,5	1,2	1,3
Octobre	1,9	1,5	0,6	9.5	1,0	0,6	1,3	1,4	1,7	2,1	1,3
Novembre	2,2	0,6	0,3	0,6	1,7	1,0	1,8	0,5	1.7	1,5	1,3
Décembre	1,5	0,3	0,5	0,3	1,8	0,4	1,5	1,2	1,6	1,9	1,0
Moyenne	1,9	1,5	0,8	0,6	1,0	0,7	1,1	1,7	1,9	1,9	1,3

Les moyennes mensuelles sont, si l'on en excepte les mois de janvier et de décembre, assez peu différentes les unes des autres; les moyennes annuelles vont en diminuant sensiblement de 1877 à 1880. Après une légère oscillation en 1882, le poids d'ozone semble aller en augmentant depuis 1881.

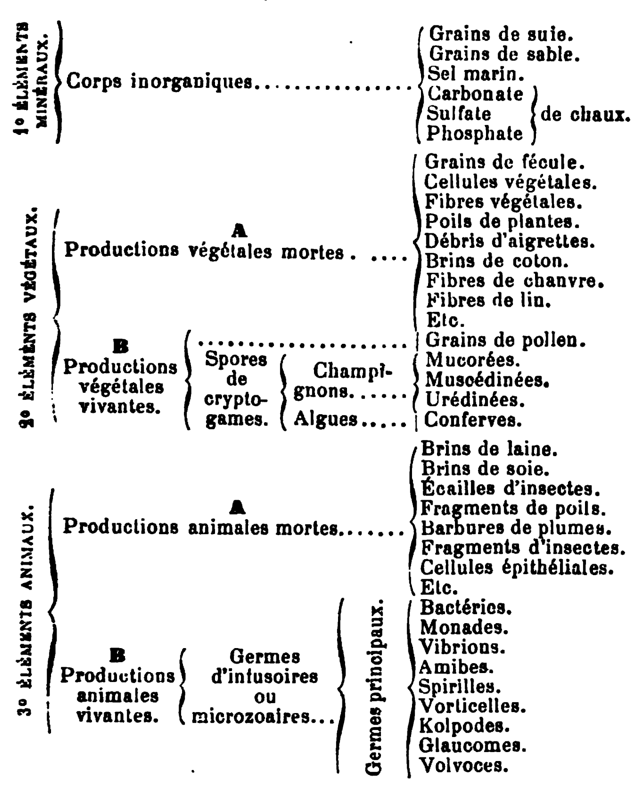
D'autres gaz, beaucoup moins importants que ceux dont il vient d'être question, peuvent se trouver accidentellement dans l'air atmosphérique. Mais ils s'y trouvent la plupart du temps en quantités si minimes, que nous ne ferons que les mentionner. D'abord, l'hydrogène libre, qui, ainsi que M. Reiset l'a démontré, peut se trouver au nombre des gaz qui sont exhalés par les animaux dans un air confiné. Le protocarbure d'hydrogène, qui a la même origine. Le bicarbure d'hydrogène, ou gaz des marais, qui, en se mélangeant à l'air dans les galeries des mines de houille, donne le terrible grisou ; enfin, comme son nom l'indique, il se dégage des marais et contribue à l'infection effluvienne ou paludéenne. On rencontre, en outre, mais toujours en proportions infimes, de l'arséniure d'hydrogène, de l'acide sulfhydrique, du phosphure d'hydrogène, du sulfhydrate d'ammoniaque, de l'oxyde de carbone, de l'eau oxygénée, de l'acide chlorhydrique (provenant des émanations volcaniques et de l'hydrogène libre).

Mais d'autres substances peuvent se rencontrer dans l'air atmosphérique, non plus à l'état de gaz, mais bien en suspension ; ce sont les poussières minérales et organisées, qui y jouent un rôle très important, ces dernières surtout.

Ces corpuscules ont été étudiés avec soin dans ces derniers temps par plusieurs auteurs, notamment par MM. Tabourin, Gaston Tissandier et Miquel.

M. Tabourin a classé ces poussières dans un tableau que nous reproduisons ici, et qui montre combien est grande leur variété.

TABLEAU GÉNÉRAL DES POUSSIÈRES DE L'AIR (M. TABOURIN).
(Tableau IV.)



1° ÉLÉMENTS MINÉRAUX.	Corps inorganiques		Grains de suie. Grains de sable. Sel marin. Carbonate, Sulfate, Phosphate de chaux.
2° ÉLÉMENTS VÉGÉTAUX.	A. Productions végétales mortes		Grains de fécule. Cellules végétales. Fibres végétales. Poils de plantes. Débris d'aigrettes. Brins de coton. Fibres de chanvre. Fibres de lin. Etc.
	B. Productions végétales vivantes.		Grains de pollen.
		Spores de cryptogames. Champignons	Mucorées. Muscédinées. Urédinées.
		Spores de cryptogames. Algues	Conferves.
3° ÉLÉMENTS ANIMAUX.	A. Productions animales mortes		Brins de laine. Brins de soie. Écailles d'insectes. Fragments de poils. Barbures de plumes. Fragments d'insectes. Cellules épithéliales. Etc.
	B. Productions animales vivantes.	Germes d'infusoires ou microzoaires... Germes principaux.	Bactéries. Monades. Vibrions. Amibes. Spirilles. Vorticelles. Kolpodes. Glaucomes. Volvoces.

M. Tissandier a observé que la quantité de poussières tombées en vingt-quatre heures sur 1 mètre carré de surface, variait de 2 millimètres à 12 millimètres, selon l'état du temps. Or, ici se présente un problème intéressant : une si faible quantité de poussière peut-elle avoir une influence agricole? Cela dépend évidemment de sa com-

position chimique. Celle-ci, d'après M. Tissandier (1), serait la suivante :

Matières organiques	32,265
Chlorures et sulfates alcalins et calcaires terreux, nitrate d'ammoniaque	9,022
Sesquioxyde de fer	6,120
Carbonate de chaux	15,940
Carbonate de magnésie, traces de phosphates (2), alumine	2,120
Silice	34,334
	100,000

En fixant à 6 milligrammes la quantité de poussières tombées en vingt-quatre heures sur 1 mètre carré, le poids total tombé sur 1 hectare, en un an, serait de $6 \times 365 \times 10000 = 21^k,9$, soit 22 kilogrammes en chiffre rond.

Des substances qui composent les poussières du sédiment, toutes ne sont pas utiles; la silice, par exemple, n'a aucune action immédiate ; de telle sorte qu'un hectare de superficie ne reçoit en définitive que 13 kilogrammes de matières plus ou moins utiles. Si on en cherchait même la teneur en matériaux directement assimilables, on arriverait à des valeurs tout à fait insignifiantes. En outre, si les vents déposent des poussières sur le sol, ils en enlèvent aussi, ce qui est encore une cause de perte. Donc, en résumé, le sédiment atmosphérique n'a aucune influence agricole.

Peut-être les poussières déposées sur les feuilles ont-elles une influence sur l'assimilation et la respiration ? Si oui, elle ne doit guère s'exercer que dans de très faibles limites (3).

(1) G. Tissandier, *les Poussières de l'air*. Paris, 1877.

(2) Surtout des phosphates de chaux. Or, M. Barral estime que de cette manière le sol reçoit en moyenne 400 grammes de phosphate de chaux par hectare et par an. A. L.

(3) F. Canu et A. Larbalétrier, *Manuel de météorologie agricole*.

Si le rôle de ces poussières minérales est négligeable au point de vue pratique, il est loin d'en être de même des poussières organisées, et surtout des germes animaux et végétaux.

Les spores de cryptogames ne restent pas longtemps inertes ; elles se développent dès qu'elles se trouvent sur une substance qui leur convient ; ce sont ces germes qui donnent naissance aux moisissures.

Quant aux germes d'origine animale, ou plutôt végéto-animale, car on n'est pas encore très bien fixé sur ce point, ils donnent lieu à des fermentations et à des maladies qui atteignent l'homme et le bétail ; toutefois, il faut remarquer que, parmi tous ces *microbes* (c'est le nom consacré), il en est beaucoup d'indifférents. Parmi les principaux microbes dont le rôle est déterminé, nous citerons : le *mycoderma aceti*, qui cause la fermentation acétique ; le *bacillus anthracis*, qui donne lieu à la pustule maligne ou charbon ; le *bacillus ureæ*, qui produit la déposition ammoniacale de l'urine ; le *bacterium cyanogenum*, qui cause l'altération du lait connue sous le nom de *lait bleu*, etc.

Ces organismes, qui se trouvent en quantités prodigieuses dans l'air, sont introduits dans les voies digestives et aériennes et peuvent donner lieu ainsi à bon nombre de maladies.

Lorsqu'on sème ces corpuscules organisés et les poussières aériennes qui leur sont associées, dans des liqueurs qui ont été soumises à l'ébullition et qui resteraient intactes dans l'air préalablement chauffé si l'on n'y pratiquait pas cet ensemencement, on voit apparaître dans ces liqueurs exactement les mêmes êtres qu'elles développent à l'air libre.

En l'absence de tout germe de l'atmosphère, les matières les plus altérables dans l'air commun se conservent

indéfiniment sans avoir été préalablement chauffées. Aucun organisme vivant n'y prend naissance (1).

M. Miquel a calculé qu'un homme absorbe, en vingt-quatre heures, 302 500 microbes par ses fosses nasales, la trachée-artère, les bronches, les lobules pulmonaires. L'eau en contient des quantités variables suivant les sources dont elle provient. Mais, si nous choisissons l'eau de la Vanne, réputée la meilleure à Paris, nous trouvons, au dire de M. Proust, qu'un centilitre contient 11 000 colonies de microbes, ce qui fait 2 750 000 par verre d'eau, soit, pour les personnes qui en absorbent un litre par jour, 11 000 000 de colonies. Le pain est tout aussi richement pourvu. M. Laurent vient d'y découvrir un bacille, qu'il nomme *bacillus panificans ;* il y en aurait 500000 par gramme de pain, soit 250000000 par livre, sans compter les saccharomyces de toute sorte (2).

Quoique la science n'ait pas encore dit son dernier mot en ce qui concerne ces intéressants organismes microscopiques de l'atmosphère, quelques faits bien positifs n'en demeurent pas moins acquis à la science : tout d'abord, et d'une manière générale, les corpuscules organisés sont moins abondants pendant les temps secs que pendant les temps humides. En été, et par le vent du nord, les spores deviennent plus rares.

Il résulte des recherches faites par M. le docteur Miquel sur les bactériens récoltés dans les rues de Paris, que le nombre de ces microbes diffère suivant les conditions météorologiques régnantes, et qu'il varie avec les saisons. En effet, ce chiffre s'élève au printemps et en été, décroît ensuite en automne, puis atteint son maximum en hiver (3).

(1) L. Pasteur, *Mémoire sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère.*

(2) Dr Léon Marchand, *les Microbes*, 1887. Paris.

(3) A. de Vaulabelle, *Physique du globe et Météorologie*, p. 284 et suiv.

II. Ayant étudié les éléments constitutifs de l'air, qui forme, comme nous l'avons vu, un des réservoirs alimentaires des plantes, il nous faut voir maintenant les phénomènes météorologiques dont l'atmosphère est continuellement le théâtre, et l'action de ces météores sur les cultures.

Ces météores : pluie, neige, brouillards, vent, foudre, etc., etc., ont pour causes déterminantes : la vapeur d'eau, la chaleur, la lumière et l'électricité. Voici à ce sujet quelques conclusions tirées par M. Chevreul d'un rapport présenté par lui à l'Académie des sciences, en 1855, au sujet des travaux de M. Georges Ville :

« Si la masse d'une plante est toujours considérable relativement au poids des particules gazeuses qui sont en contact avec elle, ces particules, pouvant se renouveler, sont, dès lors, dans le cas de fournir à la plante des corps susceptibles de concourir à l'accroissement de son poids, tels que de l'oxygène, du gaz acide carbonique, des vapeurs ammoniacales et toute autre matière susceptible de s'y assimiler. Sous ce rapport, la masse d'atmosphère, qui peut se renouveler à l'égard d'une plante, étant, pour ainsi dire, indéfinie, on voit combien la condition de cette plante, dans l'atmosphère libre, est avantageuse à son développement. »

Si, de la considération de la matière que le milieu aérien où croît la plante peut lui céder pour en accroître le poids, nous passons à l'examen de l'influence physique que ce milieu peut exercer sur elle, nous arrivons à des résultats qui n'en sont pas moins intéressants :

1° L'atmosphère libre, en touchant la feuille, détermine l'évaporation d'une partie de l'eau des sucs qui s'y sont rendus ; dès lors, la sève se concentre dans ces organes si nécessaires à la vie du végétal, et la transpiration, appelant la sève dans les feuilles, favorise le jeu des racines puisant dans le sol la matière nutritive ;

2° La lumière solaire est nécessaire à la vie végétale; c'est par elle qu'elles émettent de l'oxygène au dehors, en même temps qu'elles fixent du carbone et les éléments de l'eau pour constituer des principes immédiats. Mais si la lumière a tant d'efficacité pour produire ces effets, il ne faut pas que la plante soit exposée à une chaleur trop élevée. Eh bien, l'atmosphère en mouvement, facilitant la formation de la vapeur d'eau, devient une cause de refroidissement; en outre, elle agit encore comme telle en s'échauffant aux dépens du sol, de la tige, de la plante et des feuilles, indépendamment de toute évaporation. Le mouvement de l'atmosphère modère donc l'action de la chaleur solaire;

3° Le vent qui agite les plantes paraît à beaucoup d'observateurs, quand il n'est ni trop brûlant ni trop desséchant, favoriser la végétation en favorisant le jeu des tissus constituant les organes des végétaux;

4° Enfin si, comme quelques personnes le pensent, les plantes exhalent des matières qui peuvent leur être nuisibles, si ce n'est comme poison, du moins comme empêchant le contact de matières gazeuses qui leur sont utiles, reconnaissons que, en ce cas, le mouvement d'une atmosphère libre à la surface de la plante contribue à maintenir la végétation en bon état (1).

La pression atmosphérique, qui a une si grande influence sur les organismes animaux, agit-elle sur les plantes? Autrement dit, les différences qu'on observe dans la végétation, selon qu'on s'élève plus ou moins haut en altitude, ont-elles pour unique cause les différences de température, ou bien les diverses pressions interviennent-elles? Quoique cette question soit encore à l'étude, on peut, dès aujourd'hui, répondre par l'affirmative.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLI, p. 757.

A une trop faible pression barométrique, comme l'ont prouvé les belles recherches de Paul Bert, la germination cesse d'être possible. La germination du froment et de l'orge, par exemple, a lieu avec d'autant moins d'énergie et de rapidité, que la pression est plus faible; au contraire, la pression est-elle trop forte, la germination est ralentie et finit même par être impossible. De plus, certaines graines sont tuées par une pression trop élevée, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent plus se développer quand on les expose ensuite à la pression normale. La pression atmosphérique a aussi une influence indéniable sur l'activité de l'évaporation dans la plante, sur l'évaporation de l'eau par le sol et sur l'absorption des gaz par celui-ci (1).

La *chaleur* est inégalement répartie à la surface du globe; elle est influencée par la latitude, l'altitude et diverses autres circonstances locales, telles que le voisinage de la mer, les vents dominants, etc. Enfin, elle est encore influencée par les saisons. L'action de la chaleur peut être considérée dans l'air, dans le sol et sur la plante.

Les rayons solaires, avant de frapper la terre, ont à traverser notre atmosphère, qu'ils échauffent plus ou moins; toutefois, la chaleur, prise ainsi par l'air aux rayons qui la traversent, étant répartie dans toute l'étendue de la masse gazeuse, ne donne pas lieu à des variations très importantes. Cependant, on comprendra que l'absorption du calorique par l'atmosphère sera d'autant plus grande que la couche d'air traversée sera plus épaisse, c'est-à-dire que le soleil sera plus près de l'horizon.

Une science spéciale, l'actinométrie, s'occupe de la mesure des quantités de rayons solaires qui nous parviennent à chaque instant de la journée, tant directement que par la voie de la radiation atmosphérique. Elle fait connaître

(1) Ad. Damseaux, *Manuel d'agriculture générale*, 1884.

la quantité de lumière qu'exige une plante quelconque pour arriver aux bons résultats de culture.

Le cultivateur a dans l'actinométrie un auxiliaire d'une grande valeur et, selon M. D. Raffard, toujours prêt à lui répondre à la moindre interrogation. « Nous ne saurions mieux faire, dit cet auteur, que de lui souhaiter un emploi beaucoup plus répandu de la part de nos grands agriculteurs ; beaucoup de problèmes agricoles seraient peut-être résolus sous peu de temps, s'ils l'étudiaient sérieusement et chaque jour, chacun dans leur région. Pour nous, nous le conseillons tous les jours, et, dans le moment des récoltes, il nous a permis d'asseoir presque toujours un jugement certain sur l'état probable du temps à venir, deux jours environ à l'avance. »

L'Observatoire de Montsouris attache, avec juste raison d'ailleurs, une grande importance aux observations actinométriques. On trouve dans les annuaires de cet établissement, notamment dans ceux de 1885 et 1887, tous les renseignements désirables à ce sujet et que nous ne saurions même résumer ici, sans sortir du cadre de cet ouvrage.

« Quand l'air n'est pas pur, dit M. de Gasparin, mais est mêlé de beaucoup d'eau à l'état de vapeur ou à l'état vésiculaire, l'absorption du calorique partant du soleil est plus grande, et il en arrive moins encore à la surface de la terre. Quand il y est parvenu, il est conduit dans l'intérieur avec plus ou moins de vitesse, selon la nature et l'état des corps qui composent cette surface.

« En l'absence du soleil, pendant la nuit, la terre, rayonnant vers l'espace, plus froid qu'elle, tend à se mettre en équilibre avec lui et lui restitue la chaleur qu'elle a reçue. Cet équilibre serait promptement rétabli, et l'on passerait avec rapidité de la chaleur diurne à un froid intense, si l'air laissait passer avec autant de facilité la chaleur obs-

cure renvoyée par la terre que la chaleur lumineuse qu'elle a reçue du soleil. Les vapeurs aqueuses opposent de plus grands obstacles encore à cette transmission. C'est ainsi que l'atmosphère et les nuages tendent à retarder le refroidissement de la surface du sol.

« La surface de la terre n'est pas homogène ; elle est composée de plaines, de montagnes, de mers, de cultures diverses ou de déserts stériles. Toutes ces différences entraînent des modifications importantes dans la distribution de la chaleur. Les eaux absorbent moins de rayons solaires que les terres, mais les restituent aussi avec plus de lenteur ; elles ont donc une température plus égale. Une surface sèche, sablonneuse, colorée acquerra une température beaucoup plus élevée qu'une surface humide et blanchâtre ou couverte de végétaux.

« Enfin, l'atmosphère est loin d'être en repos ; l'air échauffé ne cesse de s'élever pour céder la place à l'air plus froid qui se meut pour le remplacer, ce qui produit les vents, et la direction de ces vents les rend humides ou secs, selon les surfaces qu'ils parcourent ; l'air est ainsi plus ou moins transparent, plus ou moins propre à transmettre la chaleur (1). »

En ce qui concerne l'action de la chaleur sur le sol, remarquons tout d'abord que les sols calcaires sont ceux dont le coefficient d'absorption calorifique est le plus élevé ; puis viennent les sols siliceux, enfin l'argile. Il est à remarquer, en outre, que les sols graveleux absorbent plus de chaleur que les sols sablonneux ; enfin, les sols de couleur foncée absorbent plus de chaleur que ceux de couleur claire.

La chaleur a une action sur les terres, elle les dessèche en provoquant l'évaporation.

(1) De Gasparin, *Cours d'agriculture*, t. II. p. 49 et suiv.

Ce desséchement s'opère avec une vitesse très variable, selon les circonstances locales. Dans les terrains à sous-sol imperméable il se fait lentement, car la moitié des eaux doit s'en aller par évaporation. Si le sous-sol est perméable, la terre se dessèche avec rapidité et forme croûte.

M. Mazure a publié (1) un très beau travail sur le desséchement des terres. En voici le résumé :

« 1° Quand la terre est humide au point d'avoir sa surface elle-même mouillée en tous ses points, la terre évapore plus que l'eau libre elle-même ;

« 2° Quand elle est encore assez humide, mais non mouillée à l'excès, elle évapore à peu près autant que l'eau libre pour la même surface ;

« 3° Enfin, à mesure que la terre se dessèche, elle évapore moins que l'eau, et d'autant moins qu'elle est plus riche. »

Les terres gonflées par les eaux pluviales éprouvent, quand elles se dessèchent, un retrait, quelquefois très considérable, qui cause souvent le déchaussement des plantes (2).

Sur les plantes, la chaleur agit surtout par ses extrêmes, par son excès, son défaut et sa durée. Voyons d'abord le maxima ; il est, pour chaque plante, un degré maxima de chaleur qu'elle peut supporter, mais au-delà duquel elle se flétrit et meurt ; la plupart des végétaux cultivés ne résistent pas à une température de 50 degrés, ceci est dû à l'épaississement de la sève, dont la circulation est ainsi contrariée : l'abricotier, les pois, l'avoine sont particulièrement sensibles aux effets des fortes chaleurs.

Le minima a une importance encore plus considérable ;

(1) F. Mazure, *De l'évaporation* (*Annales agronomiques*), t. VI, 1880.

(2) Canu et Larbalétrier, *Manuel de météorologie agricole.*

en effet, personne n'ignore les fâcheux effets du froid sur les plantes. Tous les végétaux cependant ne souffrent pas également du froid de l'hiver; la nature, la composition chimique de leur sève ne les expose pas à se congeler aux mêmes degrés de froid; les uns, comme le bouleau, le froment, peuvent supporter les froids très intenses; les autres, comme la vigne, l'olivier, le colza, périssent dès que le thermomètre descend à certains points variables pour chacun d'eux. Les variétés mêmes de certaines plantes, appartenant à un même genre, sont plus ou moins sensibles à divers degrés, et il n'est point suffisamment prouvé qu'une acclimatation lente et successive puisse augmenter leur force de résistance au froid.

En dehors du froid de l'hiver, il faut tenir note encore d'un phénomène important par les désastres qu'il cause trop souvent : les gelées de printemps. Elles se produisent en avril et mai et sont dues au rayonnement de la chaleur du sol pendant la nuit. Elles congèlent la sève renfermée dans les bourgeons déjà plus ou moins développés, les désorganisent, anéantissant ainsi du même coup les fleurs et l'espoir des fruits. Parmi les arbres forestiers : le bouleau, le charme, le châtaignier, le chêne, le noyer, le noisetier; parmi les arbustes : la vigne, les arbustes fruitiers, le mûrier; parmi nos plantes cultivées : le colza le haricot, la betterave, le maïs, le lin, le chanvre, etc., souffrent souvent de ces gelées, qui atteignent leurs bourgeons à feuilles ou à fleurs, leurs tiges ou leurs cotylédons, retardent ou détruisent leur végétation. Pour la vigne et les arbustes fruitiers, on se préserve de ces ravages en plaçant un abri, toile ou paillasson, au-dessus des plantes, afin d'intercepter à la fois le rayonnement du sol et l'impression directe des rayons solaires, lorsque l'astre apparaît le matin à l'horizon (1).

(1) A. Gobin, *Guide pratique d'agriculture générale.*

Le froid intense et le gel des organes végétaux qui en résulte n'est pas aussi pernicieux aux plantes qu'on pourrait le croire ; ce qui leur est surtout défavorable, c'est le dégel brusque et subit.

Les plantes soumises à des abaissements de température plus grands que leur espèce ne le comporte ne souffrent pas également dans toutes leurs parties. Les plus fortement atteintes sont naturellement les parties aériennes, et parmi ces dernières celles qui sont le plus herbacées ou le plus gorgées de sucs. Les arbres et arbustes à feuilles persistantes souffrent généralement plus que les arbres à feuilles caduques, et sur un même arbre les rameaux ou les pousses de la dernière année plus que ceux de l'avant-dernière, à plus forte raison que ceux de date plus ancienne (1).

Ce n'est donc point à l'expansion de la glace, lorsqu'elle se forme dans les plantes et les *roussit*, fait remarquer M. de Vaulabelle, qu'il convient d'attribuer les effets pernicieux du froid, mais à la gangrène qu'occasionne le passage subit du gel au dégel. Dans cette circonstance, en effet, surtout si la plante est imprégnée de sève et renferme une grande quantité d'eau, on voit, au moment où le dégel arrive, lorsque la végétation recommence, que les cellules végétales, qui n'ont pu reprendre leur état normal, se vident et pourrissent comme un membre gangrené.

C'est à l'inégale répartition du calorique à la surface du globe qu'il faut attribuer les différences qu'on observe dans la faune, la flore et les cultures des divers pays. Comme le fait observer Boussingault, les *habitudes* météorologiques des plantes étant des plus variées, il s'ensuit que la répartition des espèces végétales est une consé-

(1) Decaisne et Naudin, *Manuel de l'amateur des jardins*, t. I, p. 673.

quence de la distribution de la chaleur à la surface du globe, du climat.

On attribue le froid des hautes montagnes à la dilatation que l'air des régions basses éprouve en s'élevant, à une évaporation plus rapide de l'humidité, à l'intensité du rayonnement nocturne. M. Bischoff a trouvé que, dans les Andes équatoriales, un degré de refroidissement correspondait à 195 mètres de hauteur (1). En Europe, on a constaté que le décroissement de la chaleur, dans les montagnes, est plus rapide pendant le jour que durant la nuit, pendant l'été que durant l'hiver ; par exemple, entre Genève et le Saint-Bernard, pour voir le thermomètre baisser de 1 degré, il faut s'élever :

Au printemps, de 179 mètres ;

En été, de 185 mètres ;

En automne, de 210 mètres ;

En hiver, de 232 mètres.

Cependant il arrive quelquefois qu'en hiver, dans une zone peu élevée, la température croît avec la hauteur, ainsi que l'ont reconnu MM. Bravais et Lottin, par le 70e degré de latitude. Dans un temps calme et pour une altitude de 4 à 500 mètres, cet accroissement allait jusqu'à 6 degrés (2).

La durée de la végétation paraît être en raison inverse de la température moyenne, de sorte que, si on multiplie le nombre de jours durant lesquels une même plante végète dans des climats distincts, on obtient des nombres à peu près égaux. Ce résultat n'est pas seulement remarquable en ce sens qu'il semble indiquer que, sous toutes les latitudes, à toutes les hauteurs, la même plante reçoit, dans le cours de son existence, une quantité égale de chaleur, il peut aussi trouver une application directe, en permet-

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 223.

(2) Boussingault, *Économie rurale*.

tant de prévoir la possibilité d'acclimater un végétal dans une contrée dont on connaît la température moyenne.

Aussi, pour s'accroître, fleurir et fructifier, toute plante a besoin d'une certaine somme de chaleur.« Si l'on examine, fait observer M. Camille Flammarion (1), d'un côté le temps écoulé depuis sa naissance jusqu'à sa maturité, de l'autre la température moyenne qui a régné entre ces deux époques, on trouve, en comparant la même plante placée dans des climats différents, que le nombre des jours entre le commencement et la fin de la végétation est d'autant plus grand que cette température a été moins élevée; de sorte qu'en multipliant les jours par la température on obtient des nombres à peu près égaux. »

Pour le blé, on compte, en moyenne, cent soixante jours entre la date des semailles et celle de la moisson, à la latitude de Paris; la température moyenne est de 13°,4 pendant cette période, et le produit des jours par la température est 2 144 degrés.

A Turmero (Amérique), la durée est de quatre-vingt-douze jours seulement, la température moyenne est de 24 degrés: ce qui donne 2 200 degrés. A Zimijaca (Amérique), la durée est de cent quarante-sept jours, et la température moyenne de 14°,7: ce qui donne 2 160 degrés. On voit qu'il faut plus de 2 000 degrés au froment pour mûrir (Boussingault).

L'orge est moins exigeante. Les trois séries de chiffres précédents sont pour :

	Jours.	Températ. moyenne.	Total.
La Bavière	100	17°,2	1 730°
Alsace................	92	19°,1	1 757°
Alais..................	137	13°,1	1 794°
Bogota (Amérique)...	122	14°,7	1 793°
Cumbal	168	10°,7	1 797°

(1) C. Flammarion, *l'Atmosphère, météorologie populaire*, p. 382.

C'est donc de 1 750 à 1 800 degrés qu'il faut à l'orge pour arriver à pleine maturité.

Le maïs ou blé de Turquie est plus exigeant que le froment : il lui faut 2 600 à 2 900 degrés.

Les pommes de terre en réclament davantage encore : 2 800 à 3000. On les plante à 10 ou 12 degrés, et on ne les récolte qu'après les fortes chaleurs de juillet et août.

Nous avons vu que la chaleur, arrivant à la surface de la terre, vaporise les eaux ; que devient cette vapeur d'eau qui s'élève ainsi dans les airs ? Et tout d'abord, comment est régie cette production de la vapeur d'eau ?

M. Mazure a également publié sur ce sujet un mémoire de la plus haute importance, dont nous donnons ici les conclusions (1) :

1° L'évaporation dépend, avant tout, du degré d'humidité de l'air ambiant ;

2° Elle dépend aussi directement de la température de l'air ;

3° Elle dépend directement de la température de l'eau ;

4° Elle dépend enfin directement de la radiation solaire, qui échauffe l'eau, la terre et l'air ambiant lui-même.

Outre ces quatre influences principales, l'évaporation peut encore subir l'influence de la pression barométrique.

La vapeur d'eau, ainsi formée, s'élève dans l'air et se joint aux vapeurs a queuses provenant de la masse océanique; là, elle se répartit dans la masse atmosphérique, grâce aux vents qui la transportent parfois à de grandes distances, où, suivant le degré de chaleur, elle se résout en gouttelettes creuses, très fines et très légères, qui, suivant qu'elles restent à la surface du sol ou s'élèvent assez haut dans l'atmosphère, donnent naissance aux nuages et aux brouillards.

(1) F. Mazure, *Recherches sur l'évaporation de l'eau libre et de l'eau contenue dans les terres arables* (*Annales agronomiques*, t. VI).

Les vents d'entre sud et ouest, fait remarquer M. Marié-Davy, sont favorables, en France, à la production des brouillards, parce que ces vents sont humides; quelquefois même ils transportent, tout formé, jusqu'à nous, l'épais brouillard qui recouvre, en hiver, les eaux chaudes du Gulf Stream. Les vents du nord ou nord-est les produisent très souvent, à leur début, en hiver, lorsqu'ils pénètrent dans une atmosphère relativement humide et tiède qu'ils refroidissent; s'ils durent ou prennent de la force, le brouillard disparaît.

L'influence des brouillards est peu considérable sur la végétation. Nous avons vu comment ces météores peuvent fixer sur le sol l'ammoniaque atmosphérique.

Lorsque, la nuit, la température venant à s'abaisser par suite du rayonnement, l'air ne peut plus tenir en dissolution la même quantité de vapeur d'eau que pendant le jour, les plantes se couvrent de gouttelettes d'eau, qui constituent la rosée; toutefois, pour que la rosée se produise, il faut que l'air soit calme et le ciel découvert. La rosée congelée sur le sol, dont la température est descendue au-dessous de zéro, forme la *gelée blanche*, dont il a déjà été question.

Les nuages ont une épaisseur variable; leur hauteur, dans l'atmosphère, dépend de la température et des vents des régions qu'ils parcourent. Lorsque l'air est calme et que les nuages stationnent à une certaine hauteur, ils ralentissent le rayonnement nocturne et tempèrent le froid des nuits. Les nuages étant soumis à la température des régions qu'ils traversent, il n'est pas rare d'observer, même en été, au sommet des montagnes, des nuages épais, dont les particules se sont transformées en fines aiguilles de glace.

Le rôle agricole des nuages a surtout une grande importance par ce fait qu'ils donnent naissance à la pluie. Voici

comment M. Marié-Davy explique la formation des gouttes de pluie : « Les globules de vapeur d'eau qui constituent les brouillards et les nuages ordinaires sont tous animés d'un mouvement de descente dans la masse d'air qui les contient. Si l'on voit souvent leur ensemble monter dans l'atmosphère, c'est que cet air possède une vitesse ascensionnelle supérieure à leur vitesse de chute. Cette vitesse de chute est d'ailleurs d'autant plus faible que les dimensions des globules sont plus petites ; elle croît avec leur volume. A mesure que les globules deviennent moins ténus soit par l'effet des progrès de la condensation, soit parce que, dans leurs mouvements divers, plusieurs d'entre eux se rencontrent et se fondent en un seul, leur chute s'accélère. Dans leur descente au travers du nuage, ils rencontrent d'autres globules plus petits, animés d'une moindre vitesse ; ils les absorbent ; leur masse et leur vitesse de chute s'en trouvent accrues.

« A la sortie du nuage, un autre effet se produit. Si l'air est sec et que les gouttelettes de pluie soient à une température supérieure à son point de rosée, elles s'évaporent peu à peu et disparaissent avant d'atteindre le sol ; c'est un fait qui se reproduit souvent, mais qui est, en général, peu durable, parce que, sous son influence, la quantité de vapeur contenue dans l'air augmente en même temps que sa température diminue. Si, au contraire, la température des gouttelettes est inférieure au point de rosée de l'air, la vapeur se condense à leur surface, et leur volume augmente. C'est ainsi que l'on voit quelquefois de larges gouttes de pluie tomber d'un ciel en apparence sans nuage (1). »

L'action de la pluie sur les sols est multiple. Tout d'abord, elle agit physiquement ; elle les humecte plus ou

(1) Marié-Davy, *Météorologie et Physique agricoles.*

moins suivant que les terres sont plus ou moins hydroscopiques ; elle les fait augmenter de volume, enfin elle désagrége les terrains. La pluie agit encore chimiquement. En effet, on sait qu'un engrais, quel qu'il soit, pour être absorbé par les radicelles des plantes, doit être dissous ; c'est la pluie qui sert de véhicule aux engrais, ou plutôt aux aliments des plantes, pour les faire pénétrer dans leurs organes ; enfin la pluie a sur les végétaux une action directe, en ce qu'elle lave les organes foliacés, enlève les poussières qui les recouvrent, et facilite ainsi l'absorption des produits gazeux de l'atmosphère.

Lorsque l'eau atmosphérique se congèle, au moment de sa condensation, la pluie se résoud en neige.

La neige est formée de petits cristaux microscopiques, affectant des formes géométriques très régulières et très élégantes. Quand il y a un intervalle entre deux averses de neige consécutives, on observe dans la seconde des figures différentes de celles de la première, quoique toujours semblables entre elles. C'est par un temps calme, suivant la remarque de M. Zurcher, qu'on peut les contempler dans toute leur beauté. On rencontre quelquefois de la neige rouge dans les régions polaires et partout où elle est permanente. Près du cap Wellington, elle forme les « Rochers de carmin », dont les bandes éclatantes contrastent vivement avec la blanche ceinture des glaciers. Cette couleur est due à un champignon (*uredo nivalis*) qui a la propriété de végéter dans la neige (1).

Outre les gaz ammoniacaux et autres matières fertilisantes qu'elle apporte au sol, la neige en hiver recouvre la terre et la protège. En effet, le rayonnement s'opérant par la surface, c'est la couche superficielle de la neige qui se refroidit, et le sol se trouve ainsi garanti.

(1) M. Zurcher, *les Phénomènes de l'atmosphère*.

Il faudrait une gelée fort longue et très intense pour que le froid pénétrât une couche de neige d'une certaine épaisseur.

Tout le monde sait que la neige est plus légère que l'eau, mais ce que l'on sait moins, c'est que la densité de la neige est très variable selon la température, l'état hygrométrique, la grosseur des flocons. D'après M. A. Guillemin (1), la neige qui tombe par un temps sec et froid est plus légère, et les couches qu'elle forme sur la terre sont moins tassées que celles qui proviennent d'une neige plus humide. La densité est souvent dix ou douze fois moindre que celle de l'eau. Musschenbrock a pesé, à Utrecht, de la neige formée de cristaux étoilés : il l'a trouvée vingt-quatre fois plus légère que l'eau.

Passons maintenant à un autre météore qui joue en agriculture un rôle de première importance.

Le *vent* est de l'air en mouvement ; ses effets sur la végétation sont variés. Quand il est modéré, il facilite l'assimilation aérienne par ce fait, qu'il débarrasse les feuilles des poussières qui pourraient gêner cette fonction. Il facilite aussi l'exhalaison aqueuse. Cependant, quand il est violent, il peut entraver l'une et l'autre de ces fonctions.

Modéré, il fortifie les fibres des plantes. Violent, au contraire, il en altère la qualité ; c'est ainsi que les filasses de lin et de chanvre deviennent mauvaises dans les années venteuses.

Le vent joue un grand rôle dans la reproduction des végétaux. C'est lui, en effet, qui sert de véhicule au pollen, qu'il transporte d'une fleur sur une autre fleur. Ce rôle parfois devient néfaste. Il infeste alors les terres en disséminant outre mesure, parmi les champs cultivés, les graines de mauvaises plantes.

Le vent, dès que sa vitesse devient un peu grande, flétrit

(1) A. Guillemin, *le Beau et le Mauvais Temps*, p. 151.

les fleurs. Ce sont surtout les arbres fruitiers qui s'en ressentent.

Le vent empêche la gelée de se déposer et devient alors utile. C'est ainsi que, dans nos campagnes, on désire toujours un mois de mai venteux, afin d'empêcher les gelées nocturnes, si redoutées à cette époque de l'année (1).

Un vent très sec, quelle que soit d'ailleurs sa direction, prend, dans nos campagnes, le nom de *hâle*. Il détermine, suivant M. Pouriau (2) :

1° Le durcissement de la terre, ce qui nuit singulièrement à la levée des graines et au développement des jeunes plants ;

2° La dessiccation et le déchirement des feuilles ;

3° L'arrêt dans la floraison et la fructification ;

4° L'échaudage et l'égrènement des épis.

La *lumière* a une action marquée sur la végétation. Dans l'obscurité, les plantes ne développent pas de matière verte ou chlorophylle; elles s'étiolent. Cette remarque a été mise à profit en horticulture pour le blanchiment de quelques plantes, les salades notamment. La lumière, comme nous l'avons déjà constaté, est indispensable pour que la plante assimile l'acide carbonique de l'atmosphère et en fixe le carbone ; suivant Sachs, les plantes privées de lumière ont une tendance manifeste à favoriser l'apparition de racines adventives sur la tige.

A égalité de quantité de chaleur et d'humidité, fait observer M. Damseaux, plus la lumière est intense, l'éclairement prolongé, et plus les plantes sont riches en matières nutritives, fleurissent et fructifient abondamment. Un ciel nuageux, brumeux, chargé de vapeurs, modifiant la transmission de la lumière et son intensité, a des effets opposés

(1) Canu et Larbalétrier, ouvr. cité.

(2) Pouriau, *Encyclopédie pratique de l'agriculture*. De Moll et Gayot, art. HALE.

sur la qualité et l'importance des produits. Des jours longs et clairs, prolongeant l'action lumineuse, activent les fonctions des feuilles, hâtent la croissance des plantes, qui deviennent plus précoces. C'est pourquoi, à mesure qu'on avance vers les régions circumpolaires, la durée de végétation est plus courte, bien que la température diminue.

L'action lumineuse prolongée manifeste ses effets d'une manière marquée sur la qualité des produits récoltés. Le cumin du haut Nord est plus riche en huile essentielle, plus aromatique que celui des plaines de la Hollande ; le raifort, le cerfeuil, l'oignon ont une saveur d'autant plus forte en Norwège qu'on s'élève davantage vers le nord ; le tabac de ce dernier pays est plus riche en nicotine que celui du nord de l'Allemagne. Par contre, la production du sucre est moindre dans les régions septentrionales ; les fruits sont plus sucrés au midi. Il faut au végétal, pour élaborer du sucre, une somme de chaleur qui fait défaut sous les latitudes élevées (1).

On voit, d'après ce qui précède, que le rôle de la lumière ne doit pas être confondu avec celui de la chaleur ; aussi est-il utile de noter, dans les observations météorologiques, la durée effective de l'insolation, c'est-à-dire le temps pendant lequel le soleil n'est pas couvert de nuages. Cette durée est généralement déterminée à l'aide de l'*héliographe* de Campbell (*self registering sun-dial*).

L'action de *l'électricité atmosphérique* sur la végétation est encore imparfaitement connue, car les recherches entreprises par M. Grandeau à ce sujet n'ont pu être vérifiées par les expérimentateurs qui ont cherché à les reproduire.

Il semble que l'électricité ait une influence favorable sur la germination. Le docteur Carmoy (1) rapporte qu'ayant soumis à l'influence des deux fluides électriques des grains

(1) Ad. Damseaux, *Manuel d'agriculture générale*.

de blé, choisis aussi semblables que possible, à la fin des expériences il trouva que :

Les plantes électrisées négativement avaient atteint une longueur de 39 pouces 9 lignes ; celles soumises à l'électricité positive : 34 pouces 8 lignes ; celles n'ayant pas été électrisées : 22 pouces 2 lignes (1).

D'Ormoy affirme que des graines de moutarde ou de laitue, électrisées pendant plusieurs jours dans de la terre humide, germent très rapidement ; l'influence de l'électricité est telle, que de vieilles graines altérées, qui ne germent pas dans les conditions ordinaires, s'animent, au contraire, quand elles ont été électrisées pendant quelques heures. Bertholon obtint des résultats semblables ; de même Vassili, de Turin.

En 1825, M. Pouillet lut, devant l'Académie des sciences de Paris, deux mémoires, contenant les résultats de ses recherches sur les sources de l'électricité atmosphérique (2), où il établit que, durant la germination des graines, une notable quantité d'électricité est dégagée.

En ce qui concerne la végétation, M. N. Ross annonça, au Farmer's Club de New-York, en juillet 1844, qu'il avait fait une expérience importante sur l'influence qu'exerce l'électricité voltaïque sur le développement des plantes. M. Ross planta des pommes de terre en ligne : à l'extrémité d'un des sillons, il enfonça une plaque de cuivre de 5 pieds de long et de 14 pouces de large et la réunit, à l'aide d'un fil métallique, à une plaque de zinc de même dimension, également enfoncée en terre, mais distante de la première de 200 pieds. Le 2 juillet, on arracha les pommes de terre : celles qui étaient soumises au courant électrique avaient des tubercules de 2 pouces et demi de diamètre, tandis que les autres touffes, qui étaient en dehors

(1) *Journal de physique* de l'abbé Rozier, 1788, t. XXXIII.

(2) *Annales de chimie et de physique*, t. XXXV et XXXVI.

du courant, ne portaient que de petits tubercules d'un demi-pouce de diamètre (1).

Enfin, on doit à M. Becquerel père quelques observations sur l'influence de l'électricité à faible tension sur la germination (2) et sur l'action de l'électricité atmosphérique sur la végétation (3); mais il paraît évident que M. Becquerel n'accorde d'autre influence à l'électricité sur la végétation que celle qu'elle produit en facilitant ou en retardant les actions chimiques.

D'après les nombreuses expériences de M. E. Jolly, il faut conclure que l'électricité n'a pas une grande influence sur la végétation; et les expériences exécutées par lui le conduisent à penser que les effets attribués à l'électricité sont accidentels ou dus à des causes fortuites (4).

L'électricité peut décomposer l'eau, les sels, les alcalis, et cette décomposition, fait observer M. Joigneaux (5), opérée dans le grand laboratoire de la nature, est certainement utile à la végétation. Nous lui devons des résultats encore inexpliqués; nous lui devons vraisemblablement la formation de l'acide nitrique et de l'ammoniaque dans la terre; et beaucoup de savants se sont demandé si, en électrisant directement le sol ou les récoltes par les moyens artificiels à notre disposition, il ne serait pas possible d'obtenir des résultats inespérés.

Des expériences ont eu lieu dans ces derniers temps et ont donné les résultats prévus par la théorie. Reste à savoir quels avantages les cultivateurs en tireront.

C'est ici le lieu de rappeler ce qui arriva dans le canton

(1) *Annales agronomiques*, t. VI, 1880.

(2) *Annales de chimie et de physique*, t. II.

(3) *Traité de physique expérimentale*, t. IV.

(4) Édouard Jolly, F. R. S., *De l'influence de l'électricité sur la végétation* (*Annales agronomiques*, t. VI, 1880).

(5) *Le Livre de la ferme et des maisons de campagne*, par T. Joigneaux, t. I, p. 7.

d'Auxerre, il y a un peu plus d'un demi-siècle. Douze jours avant l'époque fixée pour la vendange, des nuages orageux et inquiétants se montrèrent. La chaleur était étouffante, les éclairs sillonnaient l'atmosphère, les vignerons eurent peur. Cela ne dura que deux heures. Il tomba quelques gouttes de pluie seulement et les nuages disparurent.

Le lendemain, on s'aperçut avec étonnement que les raisins étaient tout à fait mûrs, et il fallut avancer de huit jours l'ouverture de la vendange. Après la récolte, on reconnut que la matière colorante n'avait pas eu le temps de se former ; le vin, quoique bon et généreux, resta peu coloré et se nomma *vin paillé*.

Le mode de formation de la grêle est encore fort obscur ; toutes les explications données jusqu'à ce jour sont insuffisantes ; toutefois il semble bien prouvé que l'électricité joue un rôle dominant dans la production de ce météore ; par contre, l'action de la grêle sur les plantes cultivées est malheureusement trop connue. Voici ce que dit le comte de Gasparin à ce sujet (1) : « On sait les ravages que produit la grêle non seulement quand les grêlons acquièrent un poids qui s'élève jusqu'à 500 grammes, mais même à un poids bien plus considérable, s'il est vrai que la grêle du 15 juin 1829, qui enfonçait les toits des maisons à Cazorta, en Espagne, était formée de grêlons de 2 kilogrammes ; mais encore quand, sous un plus petit volume, sans menacer la vie des hommes et des animaux, elle hache et brise les feuilles, les renverse et meurtrit les branches des végétaux. On a cherché à en conjurer le danger en soutirant l'électricité des nuages par la multiplication, à la surface de toute une contrée, de perches armées de fils conducteurs. Nous avons vu toute la côte du lac Léman, dans le canton de Vaud, armée de semblables paragrêles ; mais ces instruments n'ayant pas rempli leur but, une chute abon-

(1) *Cours d'agriculture*, t. II.

dante de grêle étant venue, avertis de l'insuffisance du préservatif, ils ne tardèrent pas à être enlevés. Peut-être serait-on plus heureux, si l'on parvenait à lancer des ballons métalliques, armés de pointes, vers les nuages électrisés, selon l'idée de M. Arago. Les pointes déchargeraient le nuage de son électricité principale, cause de la grêle, qui, dès lors, ne pourrait plus se former. »

La grêle manque complètement sous les tropiques ; la zone où se fait remarquer la présence de ce météore est comprise entre le 30e et le 60e degré de latitude australe et boréale ; au nord et au sud de cette zone, comme le fait remarquer M. Grandeau (1), on n'a jamais constaté la présence de la grêle. La production de ce phénomène accompagne d'ordinaire les orages violents ; les chutes de grêle atteignent leur maximum au moment le plus chaud de l'année et du jour ; elles sont très rares pendant la nuit.

Si l'on ne peut combattre le danger, on peut au moins en diviser les risques, en formant des compagnies d'assurances mutuelles contre la grêle. Si les associations qui se sont formées dans ce but n'ont pas eu tout le succès désirable, il ne faut en accuser que leur défaut de généralité, qui ne permet pas de répartir les risques sur un assez grand nombre de souscripteurs, et, d'autre part, l'on n'a pas apprécié suffisamment la différence des risques qui ont lieu entre les diverses localités.

(1) *Chimie et Physiologie appliquées à l'agriculture et à la sylviculture*, t. I.

CHAPITRE II.

LA TERRE ARABLE.

I. La terre végétale. — Minéraux et roches. — Les terrains. — La géologie agricole. — Formation de la terre arable : désagrégation des roches. — Le sol actif. — Sol vierge. — Sous-sol. — Terrains de transport. — Terrains formés sur place. — Profondeur de la couche arable. — Éléments constitutifs de la terre arable : — La silice, ses divers états. — Les terres légères. — L'argile. — Détermination du degré argileux. — Les terres fortes. — Le calcaire. — L'humus. — Degré humique. — Les terres humifères. — Les terres franches. — Analyse physique de la terre arable. — Classification des terres arables : Arthur Young. — M. Moll. — M. de Gasparin. — M. Lefour. — Girardin et du Breuil. — M. Mazure. — M. Pagnoul. — Classification naturelle. Végétation spontanée des terres argileuses, siliceuses, calcaires et humifères. — Les éléments chimiques du sol : — L'azote : ammoniacal, nitrique et organique. — L'acide phosphorique. — Le phosphate de chaux. — Dosage. — Quantités d'acide phosphorique contenues dans les terres. — La potasse de la terre arable. — Propriétés absorbantes des terres. — Travaux de Way et du docteur Vœlcker. — La chaux. — La soude. — Le sel marin. — Les gaz de la terre arable. — Stérilité et fertilité de la terre arable. — Les organismes microscopiques de la terre végétale.

II. La propriété foncière : — Valeur des terres. — Mise en valeur du sol. — Exploitation par le propriétaire. — Le métayer. — Le fermier. — Valeur locative de la terre arable.

La *terre arable* est le résultat de la désagrégation des roches qui constituent l'écorce terrestre. Son rôle agricole est considérable ; toutefois il a été un tant soit peu exagéré, car le sol, en définitive, n'est que le support des plantes, et il ne concourt à la production de ces dernières qu'en raison de la quantité et de la qualité des engrais qu'il reçoit ou qu'il a reçu antérieurement. Cependant l'étude

de la terre arable ne doit pas être négligée, car, suivant sa composition chimique et son état physique, il agit sur les engrais eux-mêmes, en les rendant plus ou moins assimilables.

Nous devons considérer le sol à deux points de vue bien différents : au point de vue agrologique, c'est-à-dire considéré dans ses rapports avec la nutrition des plantes, et au point de vue économie, c'est-à-dire prenant en considération sa valeur vénale, son mode d'exploitation, etc. Nous avons donc là deux sujets bien distincts : 1° la terre arable ; 2° la propriété foncière.

I. *La terre arable.* — La terre arable peut être considérée au point de vue de sa formation, de sa structure physique et de sa composition chimique.

Comment s'est formée et comment se forme encore la terre végétale ou sol arable ? Telle est la première question que nous avons à résoudre.

La terre végétale étant le résultat de la désagrégation des roches, quelles sont les causes qui ont contribué à cette désagrégation ?

Les roches qui constituent l'écorce terrestre ont deux origines bien distinctes : les unes ont été formées par l'action de la chaleur, ce sont les roches *ignées* ou plutoniennes ; les autres par l'intervention des eaux, ce sont les roches *sédimentaires* ou neptuniennes.

Comme le but de l'agriculteur est de tirer du sol les produits les plus riches et les plus abondants, au plus bas prix possible, on comprend sans peine qu'il lui faut une connaissance parfaite du sol sur lequel il opère ; pour faciliter cette étude, il convient tout d'abord de s'entendre sur la signification précise de quelques termes fréquemment employés et au sujet desquels ne doit régner aucune équivoque.

On donne le nom de *minéraux* à des matières de

composition chimique homogène, plus ou moins complexe, qui se trouvent isolées ou associées dans le sein de la terre ou à sa surface.

On appelle *roches* les masses minérales, formées d'un seul ou de plusieurs minéraux, et qu'on trouve réparties sur de grandes étendues. Le minéral est dans l'élément et la roche représente le groupement. On réserve le nom d'*étages* à l'ensemble des roches qui ont la même position par rapport à d'autres ; l'appellation de *terrain* ou *formation géologique* est réservée à toutes les masses minérales qui se sont formées pendant une certaine durée de temps. Ainsi le feldspath est un minéral, le calcaire et le gypse de même; le granit, l'argile sont des roches; la *craie glaucomifère*, qui repose sur les *sables ferrugineux*, constitue un étage qui appartient à la formation *crétacée*, qui, elle-même, forme une division du terrain *secondaire* des géologues.

Les roches sont *simples* ou *composées*. Les premières sont celles qui ne sont formées que d'une seule substance minérale, la craie blanche, le sable siliceux, qui ne sont constitués que par du carbonate de chaux ou de la silice, sont des roches simples. Le granit, au contraire, qui est formé de quartz, de feldspath et de mica, est une roche *composée*. Les deux premières, formées par l'action des eaux, sont, en outre, des roches sédimentaires ; le granit formé par la fusion est une roche ignée.

C'est par l'action prolongée des eaux agissant sur les roches ignées ou primitives que se sont formés les terrains sédimentaires.

L'ensemble des roches ignées constitue deux groupes de roches essentiellement délimitées par leur mode de formation : 1° les roches produites par le refroidissement et la consolidation des matières en fusion; 2° les roches d'épanchement et d'éruptions volcaniques, provenant de la

déjection de la matière en fusion dans les parties déjà refroidies. Toutes ces roches ne renferment qu'un élément simple, le quartz; tous les autres étant des silicates complexes à base d'alumine, de potasse, de chaux, de soude, de magnésie, d'oxyde de fer et de manganèse.

Au-dessous de la surface des roches primitives, fait observer M. Dana, le célèbre géologue américain, il doit s'en rencontrer d'autres formant les portions intérieures de la croûte terrestre. Si la terre était d'abord un globe à l'état de fusion, comme cela semble très probable, la croûte terrestre n'est autre chose que son extérieur refroidi. Celle-ci une fois constituée, sa surface doit avoir été usée par les vagues partout où elles s'étendaient, et il s'est effectué des dépôts de sable, de cailloux et d'argile (roches sédimentaires). Mais, tandis que ces couches superficielles étaient en voie de progrès, la croûte augmentait intérieurement en épaisseur par le refroidissement qui continuait à se produire. Les roches intérieures de la croûte terrestre ne sont donc que peu ou point connues (1). On comprend sans peine que ces roches cristallines doivent recouvrir toute la sphère terrestre; mais, en général, elles sont cachées à la vue par les formations qui les ont suivies. Elles affleurent cependant un bon nombre de points, dans l'Amérique septentrionale, par exemple, en France, en Bretagne (Cotentin), sur le plateau central (Auvergne, Limousin), dans les Cévennes, le Morvan, les Vosges; on les rencontre encore en Écosse, en Silésie, en Saxe, en Bavière, en Espagne, etc. La puissance des terrains primitifs est évaluée aux 19/20 environ de l'épaisseur de la croûte solide du globe.

Au-dessus de ces roches sont les premières assises sédimentaires, qui ont reçu le nom de *terrains* primaires;

(1) J.-D. Dana, *Manuel du géologue.*

elles se succèdent dans l'ordre suivant : terrain archéen, silurien, devonien, carboniférien ; viennent ensuite les assises dites *secondaires*, qui comprennent : le permien, le trias, le jurassique, le crétacé ; puis les terrains *tertiaires*, et enfin, les formations *quaternaires* et *contemporaines*.

Ce qui caractérise essentiellement ces diverses couches sédimentaires, ce sont, outre les roches, les fossiles ou restes d'êtres organisés, animaux ou végétaux, qui vivaient alors.

Nous ne saurions, sans sortir de notre cadre, nous étendre davantage sur le mode de formation de ces couches géologiques ; ce qu'il nous faut examiner maintenant, c'est la manière dont ces diverses roches ont donné naissance aux terres arables ou cultivables.

C'est l'action simultanée de l'eau, de l'oxygène, de l'acide carbonique de l'air, les alternatives de chaud et de froid, les mouvements de l'air et des rudiments de végétation qui ont transformé et transforment encore les roches en terres végétales.

Tout d'abord l'action de l'eau. L'atmosphère qui environnait la terre à l'époque primitive, font observer MM. Magne et Baillet (1), contenait à l'état de vapeur la plus grande partie de l'eau qui existe actuellement sous forme liquide à la surface du globe. Dès que le refroidissement fut assez marqué pour permettre leur condensation, les vapeurs atmosphériques se précipitèrent en pluies torrentielles sur le sol. La température élevée des couches, dont la cristallisation était encore toute récente, ne permettait pas à l'eau des pluies d'y séjourner longtemps. Réduite en vapeur, elle revenait à l'atmosphère, où elle se condensait de nouveau pour retomber en pluies

(1) Magne et Baillet, *Traité d'agriculture pratique*, t. I.

abondantes. Le phénomène se produisit sans doute un grand nombre de fois, et, comme on l'a fait observer, il dut concourir puissamment au refroidissement des couches superficielles du sol en lui enlevant à chaque volatilisation nouvelle d'énormes quantités de calorique. Aussi arriva-t-il bientôt que la terre fut assez refroidie pour permettre aux eaux de persister à l'état liquide et de former des mers d'une vaste étendue.

Les eaux courantes, mers, fleuves, torrents, ont dû jouer un grand rôle dans la désagrégation des roches, non seulement au point de vue mécanique, mais encore au point de vue chimique. Au point de vue mécanique même, l'eau agit de deux manières bien différentes sur les roches, suivant qu'elle est à l'état solide ou liquide. Sous forme liquide, l'eau pénètre les roches de toutes parts; elle s'y infiltre à des profondeurs d'autant plus grandes que ces roches sont plus poreuses, et elle dissout toutes les matières qu'elle peut entraîner, en laissant ainsi des espaces vides, que l'afflux d'une nouvelle quantité d'eau, le choc des eaux et des vents change bientôt en poussière. C'est de cette manière, fait observer le docteur Sacc, que se forme la terre dans les pays chauds; dans ceux où l'eau peut geler, les choses se passent de même en été; mais, comme l'eau augmente de volume avec une force irrésistible, lorsqu'en hiver elle se solidifie en passant à l'état de glace, elle fait éclater alors les rocs les plus compacts et les plus durs. C'est uniquement à cette cause qu'il faut attribuer la formation si rapide de la terre au pied des montagnes dans les pays tempérés et surtout froids. Cette altération s'effectue sur une échelle gigantesque et par une foule de transitions insensibles au pied de l'Alpe, si abrupte, qui borne au sud l'étroite vallée qui conduit l'Urseren, sur le Saint-Gothard, aux Grisons. Au pied de l'Alpe, on trouve de gros fragments de roc qui

se divisent de plus en plus à mesure qu'on descend vers la vallée, où ils se changent en une terre aussi abondante que fertile. L'action de la gelée est tout aussi prononcée dans les roches calcaires. Il ne faut à Neuchâtel que deux ans d'exposition à l'air pour changer en terre un calcaire jaune. La glace n'agit point seulement lorsqu'elle se forme dans les rochers; mais aussi quand, déjà formée, elle se réunit en grandes masses et produit ces glaciers, quelquefois immenses, dont le mouvement continuel broie les roches les plus dures et les change en poussière impalpable que les eaux vont porter au loin pour en former de fertiles plaines. Cette action, qui est nettement prononcée dans les Alpes, s'effectue sur une échelle bien autrement grande en Islande, où les roches, moins dures, se laissent si facilement entamer par le glacier, que toutes les eaux qui s'en écoulent ont l'air de fleuves de lait, et vont former au bord de la mer d'immenses plaines de boue.

L'acide carbonique et l'oxygène de l'air se condensent comme l'eau quand elle passe à l'état de glace, c'est-à-dire que le premier, en s'associant aux bases des roches; le second, en peroxydant les oxydes ferreux et manganeux, en augmentent le volume et font sauter les roches comme si on avait glissé des coins d'acier entre leurs plus petites molécules (1).

Ainsi désagrégées, les roches peuvent servir de support à quelques plantes inférieures peu difficiles sur le choix de leurs aliments. Ces végétaux, puisant en outre la majeure partie de leur nourriture dans l'atmosphère, se développent, se multiplient, puis meurent; leurs débris, en se décomposant, donnent naissance à la matière organique dont la présence caractérise pour ainsi dire la *terre végétale*.

(1) Dr Saco, *Chimie du sol*, 4e édit.

Ce mode de formation de la terre arable par les agents atmosphériques est si évident, qu'on le favorise inconsciemment dans les opérations culturales. Que fait-on pour augmenter la profondeur de la couche arable? On fait des labours profonds, c'est-à-dire qu'on met une plus grande épaisseur de roches mécaniquement désagrégées en contact avec l'atmosphère.

Ces causes physiques agissent aussi bien sur les roches ignées que sur les roches sédimentaires; il en est de même des causes chimiques. Ainsi l'argile, qui entre pour une si large part dans la composition de la majeure partie des terres arables, a, comme l'a prouvé M. Ebelmen, une origine toute chimique. Prenons d'abord l'argile pure ou kaolin; il est formé par les feldspaths renfermant de la potasse ou de la soude; ces feldspaths abandonnant la presque totalité de ces alcalis passent à l'état de kaolin. Indépendamment de l'alcali éliminé, fait observer M. Stanislas Meunier (1), on remarque, en outre, que, dans le kaolin, la proportion de l'alumine, relativement à celle de la silice, est beaucoup plus grande que dans le feldspath non décomposé, ce qui montre que de l'alcali et de la silice ont été enlevés. On pourrait croire que la potasse a contribué à l'élimination de la silice, en formant un silicate double; mais la décomposition des feldspaths n'est qu'un cas particulier de ce genre de décomposition.

Ebelmen a rendu extrêmement probable que l'acide carbonique de l'atmosphère est l'agent le plus actif de la destruction des silicates appartenant aux roches cristallines. La potasse, la soude, la chaux, la magnésie, passent à l'état de carbonate; la silice, primitivement combinée avec ces différentes bases, est mise en liberté, et l'on sait que, lorsqu'elle est dans un grand état de division, elle est

(1) St. Meunier, *la Terre végétale*, p. 83 et suiv.

très sensiblement soluble; c'est principalement dans cette solubilité qu'il faut chercher la cause de sa disparition. Les carbonates formés sont dissous ou entraînés; à mesure que le silicate s'altère, il se rapproche de plus en plus de la nature de l'argile, silicate d'alumine susceptible de se combiner avec une forte proportion d'eau en donnant un composé plastique, mais absolument insoluble. Ainsi, dans le cas de la décomposition dont nous nous occupons, l'argile restera donc comme un jalon, comme un point de repère, propre à faire reconnaître quelles ont été la nature et les quantités des principes éliminés.

M. Boussingault a donné (1) un exemple frappant de formation de terre végétale sous l'influence des causes de désagrégation atmosphérique. « A la Vega de Supia, dans l'Amérique méridionale, l'éboulement d'une montagne porphyrique couvrit entièrement de ses débris, sur près d'une demi-lieue d'étendue, de riches plantations de cannes à sucre (2). Dix ans après cet événement, j'ai vu ces fragments de porphyre ombragés par des mimosas arborescents, et, dans un temps qui n'est peut-être pas éloigné, on pourra défricher cette nouvelle forêt et rendre à la culture le sol pierreux enrichi de ses dépouilles. »

Les produits de la désagrégation et de la décomposition des roches cristallines d'origine ignée sont insolubles ; ce sont des grains de quartz et de silicates désagrégés, peu ou point décomposés qui constituent des sables ; puis des cailloux ou graviers, fragments de roches simplement désagrégés ; enfin, des argiles, produits de la décomposition des silicates alumineux. Comme on le voit, un élément

(1) Boussingault, *Économie rurale*, t. I, p. 570.

(2) Une partie de la montagne de Tacon, qui s'écroula en 1817 ; ses débris ensevelirent les plantations et les Indiens qui les cultivaient. (*Note de M. Boussingault.*)

important fait défaut dans ces terres, c'est la chaux; aussi sont-elles peu aptes à la culture des céréales; il n'y a guère que le seigle et le sarrasin qui puissent y prospérer, à moins, toutefois, qu'elles ne soient modifiées par des amendements calcaires.

Les produits de la désagrégation des roches ignées, entraînés mécaniquement par les eaux, ont fourni la majeure partie des matériaux des terrains sédimentaires. Parmi ces matériaux, il faut remarquer les carbonates alcalins, terreux et métalliques qui résultent de la substitution de l'acide carbonique de l'air à l'acide silicique mis en liberté dans les silicates. C'est ainsi qu'a probablement pris naissance la plus grande partie du calcaire des terrains sédimentaires anciens, par l'action de l'acide carbonique atmosphérique sur les eaux de la mer, qui ont toujours renfermé le principe calcaire en dissolution à l'état de chlorure de calcium; enfin, la silice gélatineuse des terrains de sédiment provient de la décomposition des silicates; c'est un produit soluble.

En considérant une terre végétale quelconque, en place, on voit que sa texture n'est pas homogène. Au-dessous de la terre meuble est une couche moins en contact avec les agents extérieurs, qui n'est pas, à vrai dire, de la terre arable, mais qui n'est pas non plus la roche : c'est le sous-sol.

On doit donc distinguer le sol arable et le sous-sol.

Mais le sol arable lui-même comprend : le *sol actif*, qui est la partie la plus superficielle, celle qui est mélangée de détritus organiques et qui est remuée par les instruments de culture; et le *sol vierge*, qui est immédiatement au-dessous et qui sépare le sol actif du sous-sol; il n'est pas entamé par les instruments, et les matières organiques y sont beaucoup moins abondantes que dans le sol actif. Ce sol vierge, qui n'est pas toujours bien dis-

cernable, forme la transition entre le sol et le sous-sol (1).

L'examen du sous-sol a une grande importance. En effet, il peut être de même nature minéralogique que le sol ou de nature tout à fait différente. Dans le premier cas, on a la preuve certaine que la terre végétale s'est formée sur place, puisqu'elle repose encore sur les roches qui l'ont produite; dans le second cas, la terre végétale a été évidemment transportée par les eaux. Les premiers sont les sols formés sur place ou d'origine *détritique;* les seconds sont appelés terrains de *transport.*

Les terrains d'origine détritique présentent, dans la plupart des cas, la plus grande analogie, quant à leur composition, avec la roche de laquelle ils dérivent. Ils sont constitués, en effet, par les éléments de la roche sous-jacente, auxquels s'ajoute l'humus qui résulte de la végétation spontanée, ou celui qui provient des engrais quand ces sols sont mis en culture. Il est des cas cependant où la composition des sols d'origine détritive diffère sensiblement de celle des terrains qui, par leur désagrégation, les ont constitués. Cela arrive surtout lorsque, parmi les éléments désagrégés, il en est qui sont plus ou moins facilement entraînés par les eaux, mécaniquement ou à l'état de solution. Le sol qui reste alors est parfois peu favorable à la culture, parce qu'il ne renferme plus des éléments d'une composition assez variée et qu'il est privé précisément de ceux qui, en raison de leur solubilité plus grande, auraient été plus facilement utilisés au profit de la végétation. Il ne faut pas cependant s'exagérer cette conséquence, car il n'est pas rare de voir la désagrégation qui se continue sans cesse reconstituer des éléments solubles assez rapidement et en assez grande proportion pour

(1) A. Larbalétrier, *l'Agriculture française*, p. 27.

que les plantes cultivées n'aient point à souffrir de la condition que nous venons d'indiquer (1).

Les terrains agricoles transportés par les eaux sont formés par des matériaux identiques à ceux que l'on trouve dans les sols formés sur place. Ce sont toujours, des fragments plus ou moins volumineux, plus ou moins ténus qui se sont détachés des roches sous l'influence des causes que nous avons exposées plus haut. Seulement, comme les roches dont ils sont séparés offrent des pentes plus ou moins rapides, ils ont été facilement entraînés par les eaux et sont venus se déposer dans les plaines ou les vallées. Nous avons à peine besoin d'ajouter que l'action mécanique des eaux sur les terrains qu'elles parcourent concourt à augmenter la somme des matériaux qu'elles transportent. Il se produit ici, en effet, des phénomènes analogues à ceux qui, dans l'ancien monde, ont amené la formation des terrains de sédiment dans les eaux douces ou dans les bassins des mers, et la seule différence à signaler réside uniquement dans l'intensité moins grande des actions qui se manifestent. Mais le fait important sur lequel nous devons insister, c'est la diversité des éléments qui sont le plus souvent mélangés entre eux dans les dépôts laissés par les eaux à l'époque actuelle. Il en résulte pour les plantes d'abondantes provisions de tous les matériaux qu'elles ont besoin d'absorber pour se développer. Aussi ces terrains, que l'on connaît sous le nom d'*alluvions*, sont-ils en général d'une fertilité remarquable. Il nous suffira de citer à l'appui de notre assertion les limons qui résultent des inondations périodiques du Nil, les polders de la Hollande, les créments des bords du Rhône et les alluvions des bords de la Loire et de la Garonne.

Une autre considération ayant trait aux terres arables se présente ici : c'est leur profondeur.

(1) Magne et Baillet, *Traité d'agriculture pratique*, t. I.

La profondeur du sol actif dépend de celle des labours dont il est susceptible. Si le sous-sol est de même nature que le sol actif, la profondeur de ce dernier peut être augmentée par les défoncements qui, ramenant la roche désagrégée à la surface, l'exposent aux influences atmosphériques et hâtent sa transformation en terre arable. Lorsque le sous-sol est de nature différente, deux cas peuvent se présenter : ou bien le sous-sol est de mauvaise qualité, et alors il faut bien se garder de le ramener à la surface ; ou bien il est de bonne qualité, et alors, sa nature étant franchement différente de celle du sol actif, il peut servir à modifier ce dernier.

Les terres profondes, celles qui n'ont pas moins de 25 à 40 centimètres, présentent ce double avantage qu'elles peuvent recevoir de très fortes masses d'engrais et qu'elles placent ces engrais dans les meilleures conditions d'utilisation possible. C'est ainsi que, dans une terre superficielle, il n'est guère possible de placer une fumure de plus de 30000 kilogrammes par hectare, tandis que, sur une terre profonde, la fumure peut être plus que doublée et cependant parfaitement enterrée, parfaitement incorporée à la couche arable.

Donc, s'il est incontestable que, de l'abondance des engrais, dépend l'abondance des récoltes, il n'est pas moins évident que l'abondance des engrais susceptibles d'être incorporés au sol est en raison de l'épaisseur de la couche arable. Donc, par la même raison, il est évident que, plus on augmente la dose des fumures, plus il faut accroître la profondeur du sol labouré, et réciproquement.

Ce n'est pas tout : l'un des meilleurs moyens de conserver au sol le degré de fraîcheur utile aux récoltes, c'est de le défoncer profondément. Voyez, en effet, les terres superficielles ; elles sont tout aussi vite saturées d'eau pendant les temps de pluie qu'elles sont promptement dessé-

chées pendant les temps de sécheresse. Voyez, au contraire, les terres profondes : elles permettent aux eaux de pluie de s'infiltrer à une grande profondeur, en sorte qu'elles font provision d'eau pour les époques de sécheresse, et que, pour ces époques, par conséquent, elles résistent plus longtemps aux effets de l'évaporation. Donc les terres profondes tendent à régulariser la production agricole, en ce sens qu'elles garantissent les récoltes et contre les excès de sécheresse et contre les excès d'humidité (1).

La profondeur de la couche arable, ceci est de toute évidence, influe donc sur sa productivité. Mais, abstraction faite des engrais qu'on y incorpore, il est d'autres causes qui influent d'une façon non moins évidente : ce sont sa nature ses propriétés physiques et sa composition chimique.

Les propriétés physiques des terres dépendent de leur composition minéralogique. C'est donc de celle-ci que nous devons d'abord nous occuper.

Quatre éléments dominent toujours dans une terre arable quelconque; ce sont : la silice, l'argile, le calcaire et l'*humus* ou matières organiques.

Ces quatre principes, fait remarquer M. L. Grandeau, ne se trouvent point, dans la plupart des sols, à l'état de mélange plus ou moins parfait, mais bien sous forme de combinaison si intime que chacune des parcelles les plus ténues du sol les renferme en quantités égales (l'auteur parle ici de la terre fine, débarrassée des cailloux et des débris de végétation). Leur association est tellement étroite, qu'on ne peut souvent les distinguer les unes des autres à l'aide du microscope et que des opérations chimiques sont nécessaires pour les mettre en évidence et permettre d'en déterminer les proportions. Chaque grain de terre fine doit

(1) E. Lecouteux, *Principes de la culture améliorante.*

donc être envisagé comme un *tout*, mettant à la disposition de la racine au contact de laquelle il se trouve les éléments indispensables à la plante. Le sable, l'argile, le calcaire et les éléments qu'ils contiennent, chaux, magnésie, potasse, acide phosphorique, soufre, etc., dérivent des roches et minéraux qui forment la croûte terrestre ; les matières organiques, bien qu'ayant perdu absolument toute trace d'organisation et intimement associées à la substance minérale, ont pour origine les végétaux et secondairement les détritus animaux (1).

La *silice* ou acide silicique est une poudre blanche, très fine, sans saveur ni odeur. En masses cristallines, elle constitue les grès, le quartz ou cristal de roche, etc. En poudre fine et sèche, la silice ou sable absorbe la vapeur d'eau à la manière des corps poreux, mais sans toutefois se combiner chimiquement avec elle. Ainsi, dans l'air humide, 100 parties de silice pulvérulente augmentent de 10 à 15 parties en poids. Quant à la facilité avec laquelle elle retient l'eau, elle varie suivant sa ténuité. C'est ainsi que le sable à gros grains retient environ 20 pour 100 de son poids, tandis que le sable fin en retient jusqu'à 30 pour 100.

Lorsqu'une terre renferme plus de 70 pour 100 environ de silice, elle prend le nom spécial de *terre siliceuse*. On trouve la silice dans les terres sous trois états bien différents :

1° En grains plus ou moins gros, blancs, durs, rayant le verre, complètement insolubles dans tous les liquides et restant toujours sous cet état ;

2° En poudre impalpable ou en gelée avec l'eau, et alors plus ou moins soluble dans ce liquide car, la silice rendue libre en sortant d'une combinaison est soluble dans l'eau.

(1) L. Grandeau, *Études agronomiques*, 1885-1886.

3° Enfin à l'état de silicates d'alumine, de chaux, de magnésie, de potasse, de soude.

Il est très probable, font remarquer MM. Girardin et du Breuil, que la silice soluble qu'on trouve dans les terres cultivées provient de la décomposition des fragments de roches feldspathiques, qui fournissent en même temps au sol la potasse, car toutes les roches qui contiennent de la silice en combinaison se décomposent, avec le temps, par l'action des agents atmosphériques, ou, pour parler d'une manière plus précise, par l'action réunie de l'eau et de l'acide carbonique. On peut ainsi se rendre compte de la présence constante de la silice dans les eaux des sources, des rivières et des puits, et expliquer la fertilité bien connue de certains sols arrosés par des eaux provenant de terrains feldspathiques.

Des recherches dues à MM. Verdeil et Risler, il ressort que toutes les terres arables contiennent de la silice soluble, dont la quantité représente depuis 5 jusqu'à 20 pour 100 de la totalité des substances minérales que l'eau peut enlever à la terre. D'après les mêmes chimistes, cette plus ou moins grande quantité de silice soluble paraît en rapport avec la proportion d'une matière analogue au sucre, qu'ils ont trouvée parmi les substances qu'une terre cultivable cède à l'eau. C'est à l'état soluble seulement que la silice peut passer du sol dans les végétaux, par l'absorption qu'en opèrent les racines. C'est surtout dans les feuilles qu'elle s'accumule, et se retrouve en abondance dans les produits de leur décomposition ; aussi le terreau de feuilles est-il extrêmement riche en silice. Elle est aussi en assez forte proportion dans les tiges de beaucoup de plantes, notamment dans celles des céréales. Ainsi la paille d'avoine en contient 40 pour 100 ; la paille d'orge, 57 pour 100 ; la paille de seigle, 64 pour 100 ; la paille de blé, 68 à 70 pour 100. L'épiderme des joncs, des prêles (queue de che-

val), des rotangs, des palmiers, des feuilles du *chapparal*, arbre des steppes de l'Amérique méridionale, est tellement riche en silice, qu'on emploie souvent ces plantes pour polir le bois et même les métaux (1).

La silice communique aux terres plusieurs qualités : d'abord elle les rend meubles, *légères*, faciles à travailler et, de ce chef, perméables à l'air, à l'eau et à la chaleur. Toutefois, lorsque la silice est en excès, ces avantages se tournent en défauts, car alors la terre est trop légère, trop mobile, ce qui la rend sujette à être déplacée par les grands vents, qui mettent les racines des plantes à nu. Les terres très siliceuses absorbent facilement les rayons solaires, elles s'échauffent avec facilité. Elles laissent filtrer les eaux à un très haut degré, ces terres s'égouttent donc facilement ; mais, par cela même, il leur faut des engrais souvent renouvelés, sans quoi, un terrain très siliceux est stérile, car les matières fertilisantes étant continuellement entraînées dans les profondeurs, la surface va toujours en s'appauvrissant.

L'*argile* est l'ensemble des matières terreuses, plastiques, faisant pâte avec l'eau, happant à la langue et ne faisant pas effervescence avec les acides. L'argile est colorée en rouge, brun, ou jaunâtre par l'oxyde de fer à divers degrés d'oxydation. L'argile est un hydrosilicate d'alumine d'ailleurs mal défini. L'argile de Vaugirard, près Paris, a donné à l'analyse :

Silice	51,84
Alumine	26,10
Oxyde de fer	4,91
Chaux	2,25
Magnésie et alcali	0,23
Eau	14,58

(1) J. Girardin et A. du Breuil, *Traité élémentaire d'agriculture*, t. I.

Les terres où l'argile domine sont appelées *terres fortes*, parce qu'en se desséchant elles acquièrent une grande dureté ; humides, ces terres s'attachent avec une force extraordinaire aux instruments de culture. L'argile communique au sol plusieurs propriétés : d'abord, elle retient facilement l'eau (70 pour 100 de son poids) et rend le sol humide (terres froides), car elles laissent très difficilement filtrer cette eau. Il résulte de ceci, fait remarquer M. de Gasparin, que, dans les saisons sèches, les plantes s'y trouvent mieux, souffrent moins, parce qu'elles absorbent alors une partie de l'eau du terrain ; mais aussi, dans les saisons humides, les racines, continuellement baignées d'une quantité surabondante d'eau, la transmettent à la plante, dont la texture devient lâche et molle.

L'imperméabilité de l'argile, quand elle est saturée d'eau, qualité qui la rend si propre à la confection de bassins que l'on veut rendre étanches, empêche aussi les matières solubles contenues dans l'eau qu'elle absorbe de la traverser, de telle sorte que ces matières se déposent entre les molécules de l'argile, quand cette argile vient à se dessécher.

M. Schlœsing a fait sur l'argile des études fort intéressantes, qui jettent un jour tout nouveau sur cette question.

Si on délaye une terre argileuse ou une terre contenant de l'argile dans de l'*eau distillée* et qu'on laisse reposer, celle-ci devient limpide au bout de peu de temps. Or, les eaux de rivière renferment des sels calcaires en dissolution ; ceux-ci ont donc une influence manifeste sur la coagulation de l'argile.

Un cinq-millième de chaux libre ou combinée précipite les limons immédiatement, et un dix-millième en quelques jours. « Ces chiffres, fait remarquer M. Schlœsing, n'ont d'ailleurs rien d'absolu, ils varient avec les limons employés. Les sels de magnésie ont une action presque aussi efficace ; ceux de potasse produisent les mêmes effets avec

des doses cinq fois plus fortes ; ceux de soude sont moins actifs. Les acides minéraux produisent aussi la coagulation.

« Les labours ont pour effet de diviser la terre en particules laissant entre elles des interstices par lesquels l'air, l'eau et les racines passent facilement. Les éléments sableux du sol n'ont aucune cohésion entre eux, ils sont agrégés par des substances jouant le rôle de ciment, notamment l'argile. Ce sont les sels calcaires qui maintiennent cette argile en état de coagulation (1). »

D'après M. Sainte-Claire-Deville, les teneurs en chaux et magnésie de nos principaux fleuves sont les suivantes :

	Seine.	Rhône.	Garonne.	Loire.
	mgr	mgr	mgr	mgr
Chaux (par litre)....	104,0	63,4	36,1	27,0
Magnésie (par litre).	1,3	4,5	1,6	2,0

Ces chiffres montrent pourquoi l'eau de Seine abandonnée au repos laisse déposer l'argile qu'il renferme et se clarifie d'elle-même. Il n'en est pas ainsi des eaux de la Garonne et de la Loire, qui ne se clarifient pas et restent troubles.

De l'argile traitée par un acide jusqu'à parfaite décomposition des carbonates, puis lavée dans de l'eau distillée contenant quelques gouttes d'ammoniaque pour faire précipiter les dépôts sableux ; tous ces dépôts réunis et séchés ne présentent pas autant de cohésion que l'argile traitée. Mais le liquide surnageant renferme une substance précipitable en flocons par un acide ou un sel terreux ; cette substance, desséchée, est incristallisable et d'apparence cornée ; elle est cassante et gélatineuse ; M. Schlœsing l'a appelée *argile colloïdale*. Cette substance, qui est un sili-

(1) *Encyclopédie chimique*, publiée sous la direction de M. Fremy : *la Terre arable*, par Schlœsing.

cate d'alumine hydraté, donne à l'argile ses propriétés, elle en constitue le ciment.

Quant au dépôt qui s'est formé et s'est séparé de la liqueur opaline, c'est aussi de l'argile, mais elle n'a plus les mêmes propriétés ; séchée, elle a la consistance d'une poudre fine ; elle constitue cependant les 99 pour 100 de ce qu'on nomme communément l'argile.

L'argile condense l'oxygène de l'air, ainsi que les gaz ammoniacaux qu'elle retient entre ses particules. Selon Liébig, il se forme même de véritables sels alumineux, dans lesquels l'ammoniaque joue le rôle de base. Si l'on humecte une argile ou une terre argileuse avec une solution de potasse, il s'en élève une vapeur ammoniacale qui fait promptement passer au bleu le papier de tournesol rougi. Ce dégagement dure quelquefois pendant plus de deux jours. Cette propriété coïncide toujours avec une odeur particulière que répandent les terres argileuses, quand elles sont humectées ; et, en effet, c'est par son émanation plus ou moins forte que les agriculteurs jugent de la présence et de l'abondance de l'argile dans les terres.

Quand on cultive des terres argileuses, épuisées depuis longtemps, la première fumure, aussi forte qu'elle puisse être, ne produit pas d'effet ; elle s'unit au sol et forme une sorte de combinaison ; mais, à force d'y remettre de l'engrais, ces terres sont saturées ; elles deviennent alors très fertiles et conservent leur fertilité pendant très longtemps, en sorte qu'elles n'exigent plus que de faibles fumures.

Les terres argileuses sont généralement appelées *terres froides ;* cependant, lorsqu'elles renferment de la silice et l'élément calcaire en suffisante quantité (10 à 20 pour 100), elles constituent les terres à froment, c'est-à-dire les meilleurs terrains agricoles.

M. Prout a donné dans ces dernières années, en Angleterre, à Sawbridgeworth, un remarquable exemple de cul-

ture profitable des terres fortes argileuses, si communes dans ce pays et généralement considérées comme étant d'une culture difficile, coûteuse et problématiquement productive au point de vue du bénéfice.

Son système consiste à produire perpétuellement des céréales sur des terres soumises à des défoncements à la vapeur, profonds et à bon marché, et fertilisées par des applications abondantes d'engrais artificiels (1).

Le *calcaire* ou carbonate de chaux, c'est-à-dire l'ensemble des matières terreuses qui font effervescence au contact des acides et s'y dissolvent, joue dans la terre arable un rôle à la fois physique et chimique.

Les terrains qui renferment une quantité sensible de calcaire ont des caractères agricoles bien tranchés. En les comparant aux terrains purement siliceux ou argileux, on y remarque l'absence de plusieurs plantes impropres à l'alimentation du bétail, qui infestent ces derniers terrains : la petite oseille, la matricaire, les oxalis, qui y sont remplacés par le trèfle, les lotiers, la lupuline; les fourrages légumineux y croissent avec facilité; ils sont éminemment propres au froment, et ces qualités sont tellement inhérentes au principe calcaire, qu'il suffit d'en ajouter une très petite quantité aux terres qui n'en contiennent pas, 1 à 2 centièmes par exemple, par le chaulage ou le marnage, pour que la végétation des bonnes plantes succède à celle des mauvaises; pour que le trèfle, la luzerne et le sainfoin y réussissent mieux ; pour que les terres à seigle y deviennent propres à porter le froment et que celles qui portaient déjà du froment augmentent considérablement leur production; pour que les tiges des plantes deviennent plus fermes et moins sujettes à verser.

(1) Voir *Journal de l'agriculture*, publié par M. J.-A. Barral, année 1882, t. III et IV : *Culture des terres fortes argileuses*, par J. Prout, trad. par J. Laverrière.

En même temps, appliqué aux terres siliceuses, le principe calcaire leur donne de la consistance ; il communique aux terres argileuses la propriété de se déliter par les changements atmosphériques, de se diviser par l'action de l'humidité, de laisser filtrer l'eau surabondante, et prévient son extrême durcissement lors des sécheresses (1).

Une autre propriété importante des terres calcaires est de hâter la décomposition des engrais organiques ; de cette manière, on rentre vite dans les avances faites au sol. Enfin, les terres calcaires absorbent beaucoup de chaleur, qu'elles retiennent fortement ; par ce fait, elles sont très précoces. L'importance du calcaire dans les terres arables est telle, que le comte de Gasperin s'est basé sur sa présence ou son absence pour établir sa classification.

Comme la silice soluble, le calcaire contribue à la nutrition des plantes ; en effet, la chaux forme environ la moitié du poids de leurs cendres, dans lesquelles on la retrouve à l'état de carbonate, de phosphate et de sulfate de chaux.

Souvent même la chaux entre dans la constitution des plantes pour une proportion bien plus considérable que celle qui est strictement nécessaire à la bonne végétation. Cela vient de ce que les plantes, en croissant sur des sols très calcaires, absorbent une grande quantité de bicarbonate de chaux, lequel, après réduction de l'acide carbonique, se dépose à l'état de carbonate de chaux insoluble.

On a reconnu qu'il fallait les quantités suivantes de carbonate de chaux, pour 100 kilogrammes de leurs produits, aux plantes dont les noms suivent :

Froment..........	0^k,649	Pommes de terre..	0^k,190
Choux............	0 ,440	Trèfle	1 ,580
Seigle	0 ,440	Luzerne	0 ,930
Avoine...........	0 ,420	Tabac	4 ,780

(1) Cte de Gasparin, *Cours d'agriculture*, t. I.

Le quatrième élément constitutif des terres arables est l'*humus*.

Cette substance provient de la décomposition des matières végétales ; on la trouve assez pure dans cette poudre brune qui se forme dans les gros troncs d'arbres creusés par l'âge ; toujours cette transformation du ligneux en humus, qui d'ailleurs est lente, est accompagnée d'un fort dégagement d'acide carbonique et d'eau, ainsi que de matières azotées, solubles et volatiles.

Toute bonne terre arable ne doit pas contenir moins de 2 à 5 pour 100 d'humus.

L'humus ou terreau, étant un produit de décomposition, n'a pas de propriétés constantes et bien distinctives ; celles-ci varient nécessairement avec la composition chimique des plantes qui lui ont donné naissance. C'est ainsi qu'on distingue le *terreau acide*, provenant de la décomposition des plantes riches en tannin; les terres qui en renferment ont généralement besoin d'être corrigées par l'apport de l'élément calcaire; le *terreau doux*, ne renfermant que très peu ou point de tannin, convient, au contraire, dans tous les cas. Plus il y en a dans une terre et plus elle est fertile, à condition toutefois qu'il n'atteigne pas 20 pour 100 de son poids, car, au-delà de ce chiffre, la fertilité d'une terre cesse de s'accroître, probablement parce que le sol devient trop poreux et trop sujet à se dessécher.

Les propriétés physiques que l'humus communique à la terre sont : de la diviser, ce qui la rend plus perméable et plus sensible à l'action de la chaleur; de faciliter l'absorption des gaz atmosphériques; enfin il maintient l'humidité.

Les terres humifères sont excessivement légères quand elles sont sèches; elles acquièrent souvent alors une ténacité curieuse et présentent presque toutes les propriétés du carton ; on ne peut les travailler, dans ce cas, et il faut leur

laisser d'abord reprendre leur eau, ce qui n'est pas chose facile, car les premières pluies coulent à leur surface comme sur un corps gras; suivant le docteur Sacc, elles se contractent beaucoup en se desséchant, ce qui amène la mort de presque toutes les plantes qui y croissent, parce que les racines en sont déchirées ou écrasées. Des terres aussi chargées d'humus que celles dont nous venons de décrire les caractères sont rares, et elles proviennent généralement du dessèchement des tourbières.

Les racines s'étendent peu dans les terres riches en humus; celles-ci s'y divisent, par contre, à l'infini et forment beaucoup de chevelu, dont l'action absorbante est très considérable; ces terres-là conviennent donc surtout aux récoltes épuisantes, dont les feuilles étant peu développées, il faut que les racines soignent seules l'alimentation (1).

Toutefois, nous insistons sur ce point, c'est que la proportion d'humus, dans un sol, fournit surtout des caractères concernant ses propriétés physiques; son rôle chimique a été exagéré, comme nous le verrons plus loin; ce sont plutôt l'azote, l'acide phosphorique, la potasse et la chaux, qui caractérisent un sol vraiment fertile.

Voici donc les quatre substances qui, par leur réunion, constituent la terre végétale; comme on a pu le voir, chacune a des propriétés propres, et, suivant que l'une ou l'autre domine, les terrains ont des aptitudes spéciales :

Une terre parfaite, fait remarquer M. Stanislas Meunier, serait celle qui posséderait toutes les qualités agricoles. Une terre n'est pas parfaite, si elle ne contient pas les quatre éléments.

En effet, si elle n'a pas assez de sable, elle est trop peu perméable et trop froide; d'un autre côté, si elle n'a pas assez d'argile, elle est trop peu aérable, trop sèche, trop

(1) Dr Sacc, *Chimie du sol*, p. 35 et 37.

peu tenace, et elle laisse dissiper les engrais. Si elle n'a pas assez de calcaire, la décomposition des engrais ne se fait pas régulièrement, et la putréfaction peut envahir le sol. Enfin, si elle est pauvre en terreau, les plantes souffrent de la faim.

L'expérience a montré qu'une terre possède toutes les qualités agricoles, quand elle est formée :

De 50 à 70 pour 100 de sable ;

De 20 à 30 pour 100 d'argile ;

De 5 à 10 pour 100 de calcaire pulvérulent ;

De 5 à 10 pour 100 de terreau.

Elle contient alors assez de sable pour être perméable et chaude ; assez d'argile pour être aérable, humide, tenace, conservatrice des engrais et favorable à la nitrification ; assez de calcaire pour fournir les engrais calcaires et pour décomposer les engrais organiques ; assez de terreau, enfin, pour suffire aux besoins alimentaires des plantes. Elle possède, en un mot, toutes les qualités agricoles ; l'agriculteur doit seulement entretenir sa fertilité en favorisant les effets de ses qualités naturelles par les soins de la culture et par l'emploi judicieux des engrais (1).

On donne aux terres de ce genre le nom de *terres franches*. C'est le limon, *læss*, des Allemands ; le *loam* des Anglais.

Suivant la prédominance de l'un ou de l'autre des éléments constitutifs, la terre acquiert des propriétés spéciales et, par cela, l'aptitude à produire plutôt telle récolte que telle autre. Thaër et Einoff ont résumé ces aptitudes dans un tableau fort intéressant (tabl. V).

(1) Stanislas Meunier, *la Terre arable : Géologie agricole.*

Tableau V.

DÉSIGNATION DES TERRES.	DÉNOMINATION USUELLE.	ARGILE.	SABLE.	CALCAIRE	HUMUS (1).
Argile avec humus	Riche terre à froment	74	10	4	11,5
—	—	81	6	4	8,5
—	—	79	10	4	6,5
Terre marneuse	—	40	22	36	4
Terre légère, avec humus	Terrain de prairies	14	49	10	27
Terrain sablonneux, humus	Riche terre à orge	20	67	3	10
— argileux	Bonne terre à froment	58	36	2	4
— marneux	Terre à froment	56	30	12	2
— argileux	—	60	38	»	2
— glaiseux	—	48	50	»	2
Glaise	—	68	30	»	2
Terrain glaiseux	Terre à orge de première classe	38	60	»	2
—	— de seconde classe	33	65	»	2
Glaise sablonneuse	— —	28	70	»	2
—	Terre à avoine	23,5	75	»	1,5
Sable argileux	—	18,5	80	»	1,5
—	Terre à seigle	14	85	»	1
Terrain sablonneux	—	9	90	»	1
—	—	4	95	»	0,75
—	—	2	77,5	»	0,5

(1) M. Boussingault pense que l'humus a été porté un peu haut dans ce tableau, en raison des difficultés inhérentes à ce dosage.

L'analyse physique d'une terre arable consiste à séparer et à doser les quatre éléments constitutifs dont nous venons de parler. Il y a différentes manières de procéder à cette analyse; toutefois la plus exacte est celle qui a été proposée par M. Schlœsing et qui est aujourd'hui adoptée dans presque tous les laboratoires :

Dosage de l'eau. — On dessèche 10 grammes de terre fine à l'étuve, à 150 degrés, jusqu'à poids constant; on pèse; l'humidité est obtenue par différence.

Dosage du calcaire et du sable. — 10 grammes de terre fine sont placés dans une capsule de porcelaine. On forme une pâte en ajoutant quelques gouttes d'eau distillée ; on la délaye dans une faible quantité d'eau, en la frottant légèrement avec l'index contre les parois de la capsule. On décante le liquide; on recommence la même opération avec de nouvelles quantités d'eau, jusqu'à ce que la pâte soit entièrement délayée. La quantité d'eau employée ne doit pas dépasser 250 centimètres cubes. On ajoute de l'acide chlorhydrique par petites portions aux eaux de lavages réunies dans un vase à précipité, jusqu'à ce que tout le calcaire soit décomposé ; on laisse reposer.

Le liquide clair est décanté sur un petit filtre; il servira au dosage du calcaire; on lave le précipité à l'eau distillée, puis, après l'avoir délayé, on le traite par 5 millimètres de potasse ou 2 ou 3 centimètres cubes d'ammoniaque, pour détruire la matière noire unie à l'argile. On agite à plusieurs reprises; on laisse reposer quatre à cinq heures. Après ce temps, on ajoute de l'eau distillée, on agite et on laisse reposer vingt-quatre heures. On décante le liquide clair au moyen d'un siphon. On traite de nouveau le précipité par l'eau distillée, on agite, on laisse reposer vingt-quatre heures, puis on décante. On continue ces lavages jusqu'à ce que le liquide, après vingt-quatre heures de repos, soit presque complètement limpide.

Le précipité resté dans le vase est constitué par le sable; on le dessèche et on le pèse.

Dosage de l'argile. — Les eaux provenant des lavages précédents renferment l'argile et la matière noire dissoute par la potasse. On coagule l'argile au moyen de 5 ou 10 grammes de chlorure de calcium, suivant la quantité de terre employée : la matière noire reste en dissolution. Le dépôt formé est recueilli sur un filtre taré, lavé à l'eau distillée, desséché et pesé (1).

Dosage de la matière noire. — Le liquide provenant de l'opération précédente est rendu acide par l'acide acétique. On précipite ensuite la matière noire par le sous-acétate de plomb. On recueille le précipité sur un filtre, on lave, on dessèche et on pèse. On incinère le précipité, on pèse les cendres ; par différence on a la matière noire (2).

M. Paul de Gasparin, pour caractériser physiquement une terre arable, se base sur trois caractères : la *continuité*, la *ténacité* et l'*immobilité*, termes auxquels il attache bien entendu leur véritable signification et auxquels il attache une grande importance, notamment en ce qui concerne le mouvement de l'eau dans le sol, « qui est nécessaire pour compléter l'examen physique des terres ». M. P. de Gasparin indique les cinq divisions qui suivent, dans lesquelles il suppose les pierres séparées, puisqu'elles n'importent pas aux qualités physiques du sol, et tous les chiffres se rapportent à 100 parties de ce qui reste de la terre après cette séparation.

(1) Il existe une autre méthode pour juger des proportions relatives d'argile et d'humus renfermées dans les terres, cette méthode, imaginée par M. Pagnoul, est décrite plus loin au sujet de la classification des terres arables proposée par cet auteur.

(2) *Agenda du chimiste*, 1887, p. 342.

Première division.

Plus de 70 p. 100	de sable..................	Terrain discontinu.

Seconde division.

Moins de 70 p. 100 Plus de 30 p. 100	de sable...............	Terrain friable, immobile, continu.
Plus de 70 p. 100	de carbonate de chaux....	

Troisième division.

Moins de 70 p. 100 Plus de 30 p. 100	de sable...............	Terrain tenace, immobile, continu.
Moins de 70 p. 100 Plus de 30 p. 100	de carbonate de chaux..	

Quatrième division.

Moins de 70 p. 100 Plus de 30 p. 100	de sable...............	Terrain tenace, mobile, continu.
Moins de 30 p. 100	de carbonate de chaux...	

Cinquième division.

Moins de 30 p. 100	de sable...........	Craies, marnes et argiles.

En excluant la cinquième division, qui, comme les terrains qui contiennent plus de 70 pour 100 de pierres, est généralement en dehors des sols arables proprement dits, il ne reste que quatre divisions, dont voici la synonymie :

Première division. — Sols sablonneux, terres légères et à la limite terres franches, c'est-à-dire quand il y a de 70 à 80 pour 100 de sable.

Deuxième division. — Terres calcaires.

Troisième division. — Sols argilo-calcaires, terres marneuses, terres fortes calcaires.

Quatrième division. — Sols argileux, terres fortes siliceuses, terres argilo-siliceuses.

Il est bien entendu que les caractères ont un maximum et un minimum, d'après la loi ordinaire des maxima et des minima. Ainsi le maximum du caractère de la troisième division arrivera quand le lot de sable sera de 30 pour 100, et que le carbonate de chaux et l'argile seront en proportions égales dans le lot impalpable. Il est évident

que les maxima pour les autres divisions arrivent quand les éléments qui les caractérisent atteignent leur limite supérieure. Ainsi, pour la quatrième division on a le maximum du caractère quand le lot de sable est de 30 pour 100, et que les 70 grammes de l'impalpable ne contiennent pas de carbonate de chaux (1).

C'est en se basant surtout sur les caractères physiques ou mécaniques des terres que les divers auteurs qui s'en sont occupés ont basé leur classification.

Arthur Young classait les terres agricoles en cinq groupes:

1° Les terres compactes......	Motteuses. Friables. Loam compact.
2° Sols graveleux	Sains et chauds. Humides et froids.
3° Sols sablonneux...........	Légers. Compacts.
4° Sols crayeux.	
5° Sols marécageux.	

M. Moll, professeur au Conservatoire des arts et métiers, a basé son système de classification sur l'aptitude qu'ont les sols à produire les fourrages, genre de produit très propre à indiquer les propriétés agricoles des terres. Il admet neuf classes, qu'il subdivise :

Première classe. — Terre à luzerne de première classe.

a. Sol d'alluvion, profond, argilo-calcaire, riche en terreau.

b. Terre franche, moins argileuse que la précédente, profonde, riche, mais sujette au déchaussement ; la luzerne y produit 10000 kilogrammes de foin par hectare.

Deuxième classe. — Terre à trèfle de première classe.

Argilo-calcaire, suffisante quantité de terreau, à sous-

(1) Paul de Gasparin, *Traité de la détermination des terres arables dans le laboratoire*, 3e édit., p. 27 et suiv.

sol un peu humide. La luzerne y dure peu. Le trèfle produit 7500 kilogrammes par hectare.

Troisième classe.—Terre à luzerne de deuxième classe.

Terrain léger, profond, à sous-sol sec. La luzerne produit 6000 kilogrammes de foin par hectare.

Quatrième classe.—Terre à sainfoin de première classe.

Terrain calcaire léger, à sous-sol moins compact. Le sainfoin produit 5000 kilogrammes de foin par hectare.

Cinquième classe.—Terre à trèfle de deuxième classe.

Argile compacte, peu de terreau, sous-sol imperméable. Le trèfle produit 5000 kilogrammes de foin par hectare.

Sixième classe. — Terre à luzerne de troisième classe.

Terrain sablonneux, sous-sol de sable et de cailloux. La luzerne y vient peu ; elle produit 3000 kilogrammes de foin par hectare.

Septième classe. — Terre à trèfle blanc de première classe.

a. Sol argileux, maigre, sous-sol imperméable.

b. Terrain quartzeux, sous-sol imperméable. Ce terrain ne convient qu'au trèfle blanc et à l'avoine ; le blé n'y donne de bonnes récoltes qu'à l'aide de fortes fumures et du marnage ou du chaulage.

Huitième classe. — Terre à sainfoin de deuxième classe.

a. Sable calcaire, sous-sol rocheux ;

b. Marne sablonneuse, brillante;

c. Terre pierreuse, reposant sur la rocaille;

d. Sol crayeux, sous-sol de craie pure. Le sainfoin produit 2 000 kilogrammes de foin par hectare.

Neuvième classe. — Terre à trèfle blanc de deuxième classe.

Sol sablonneux, pauvre; sous-sol de même nature. Terres ordinaires des landes *noires*.

Le comte de Gasparin a établi une classification des terres arables, basée sur la présence ou l'absence du cal-

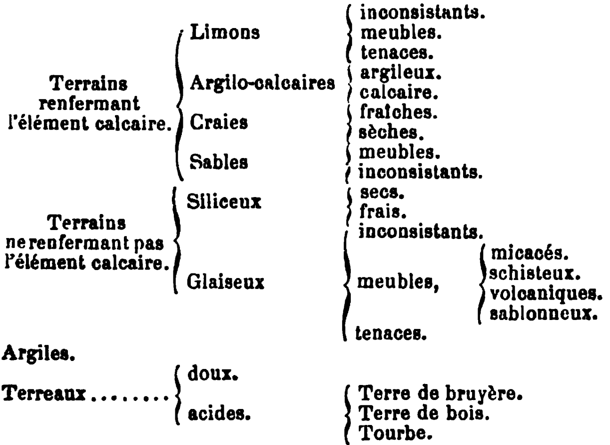
caire, qui entraîne des différences notables. C'est ainsi que la végétation des deux groupes est complètement différente, et, outre les plantes adventices caractéristiques pour l'un et pour l'autre, on remarque pour les plantes cultivées que le froment double de produit dans les terrains non calcaires, même les mieux fumés, quand on y ajoute la chaux, et que le produit des fourrages légumineux y augmente dans la même proportion.

M. de Gasparin donne le nom de *limons*, au lieu de *loams*, aux terrains dans lesquels la silice, la chaux et l'argile sont dans une espèce d'équilibre. C'est dans ce groupe que se trouvent les meilleurs sols connus.

Les sections de chaque division sont déterminées par leur ténacité et leur hygroscopicité.

La classification de M. de Gasparin a été résumée en un tableau synoptique, où il a adopté les noms les plus usités en les caractérisant par des signalements uniformes, faciles à vérifier.

CLASSIFICATION DES TERRAINS AGRICOLES DE M. LE C[te] DE GASPARIN.



Terrains renfermant l'élément calcaire.	Limons	inconsistants.	
		meubles.	
		tenaces.	
	Argilo-calcaires	argileux.	
		calcaire.	
	Craies	fraîches.	
		sèches.	
	Sables	meubles.	
		inconsistants.	
Terrains ne renfermant pas l'élément calcaire.	Siliceux	secs.	
		frais.	
	Glaiseux	inconsistants.	
		meubles,	micacés.
			schisteux.
			volcaniques.
			sablonneux.
		tenaces.	
Argiles.			
Terreaux........	doux.		
	acides.	Terre de bruyère.	
		Terre de bois.	
		Tourbe.	

Nota. La vérification des caractères des terres peut être prati-

quée à l'aide du petit nombre de réactifs et des instruments suivants :

1° Un trébuchet; 2° un crible de fer-blanc percé de trous de $0^m,0005$ de diamètre; 3° de l'acide nitrique; 4° du nitrate d'argent; 5° du carbonate de potasse; 6° du papier de tournesol.

MM. Girardin et du Breuil ont donné, dans leur *Traité élémentaire d'agriculture*, une classification des sols arables qui est assez souvent employée. Elle comprend cinq classes :

1° Sols argileux....	Sols d'argile pure.	
	— argilo-ferrugineux.	
	— argilo-calcaires.	
	— argilo-sableux.	Terres fortes. Terres franches ou *loams* meubles.
2° Sols sableux......	— de sable pur.	
	— sablo-argileux ou *loams* inconsistants.	
	— quartzeux, graveleux et granitiques.	
	— volcaniques.	
	— sablo-argileux-ferrugineux.	
	— sablo-humifères ou *terres de bruyères*.	
3° Sols calcaires	Sables calcaires.	
	Sols crayeux.	
	— tufeux.	
	— marneux.	
4° Sols magnésiens.		
5° Sols humifères....	Terrains bourbeux.	
	— marécageux.	

M. Lefour, dans son ouvrage *Sol et Engrais*, a proposé une classification (tabl. VI) qui se rapproche de celles de Thaër et de M. de Gasparin; elle est fondée à la fois sur la *composition chimique* des sols, leur *richesse* en matières organiques et sur leur *état matériel*, c'est-à-dire sur leur état de division, leur profondeur, leur perméabilité (tabl. VI).

Tableau VI.

1re *Division*. — Sols à base minérale.

Classes, ordres et espèces	Catégories		Caractères particuliers
1re Classe : *Sols non calcaires*.			
1er Ordre, où domine l'*argile* :			
1re Espèce : Sol argileux... 2e Esp. : Sol argilo-siliceux. 3e Espèce : Sol schisteux...	Limons		Très riches, riches, pauvres, très pauvres, profonds, minces, à sous-sol, perméable, imperméable, etc.
	Terres	sableuses. graveleuses. pierreuses ou caillouteuses	
2e Ordre, où domine la *silice* :			
1re Espèce : Sol siliceux... 2e Esp. : Sol silico-argileux.	Sables	graveleux. pierreux ou caillouteux.	
	Terres	sableuses. graveleuses. pierreuses ou caillouteuses	
2e Classe : *Sols calcaires*.			
1er Ordre, où domine le *calcaire* :			
1re Espèce : Sol calcaire..... 2e Esp. : Sol calcaire argileux. 3e Esp. : Sol calcaire siliceux.	Limons		
	Terres	sableuses. graveleuses. pierreusés ou caillouteuses	
2e Ordre, où domine l'*argile* :			
1re Espèce : Sol argilo-calcaire 2e Espèce : Sol argilo-silico-calcaire..................	Limons		
	Terres	sableuses. graveleuses. pierreuses ou caillouteuses	
3e Ordre, où domine la *silice* :			
1re Espèce : Sol siliceux calcaire................... 2e Espèce : Sol silico-argilo-calcaire..................	Sables	graveleux. pierreux ou caillouteux.	
	Terres	sableuses. graveleuses. pierreuses ou caillouteuses	

2e *Division*. — Sols à base organique.

Classes	Catégories			Caractères particuliers
1re Classe : *Sols de riche terreau*.				
Pur....................... Argileux, siliceux ou calcaire..	Terreau doux..	limoneux.		(voir ci-dessus)
2e Classe : Sols de terreau acide.				
De tourbe... De bruyère.	Pur, argileux ou siliceux......	Terreau acide.	sableux. graveleux.	(voir ci-dessus)

M. Mazure (1) a établi une classification dite *naturelle*

(1) F. Mazure, *Leçons élémentaires d'agriculture : Vie aérienne et souterraine des plantes agricoles*, t. II.

des terres arables, basée sur la composition minéralogique des terres et sur ses rapports avec leurs propriétés agricoles. C'est avec des chiffres, résultats de nombreuses analyses, que M. Mazure a fixé les limites des classes qu'il a établies. Il est clair que ces chiffres n'ont pas une valeur absolue; ils ont pour but seulement de marquer les proportions qui assurent la prédominance des éléments.

Cette division comporte onze classes réparties en deux embranchements (tabl. VIII).

M. Pagnoul, le sympathique et savant directeur de la station agronomique du Pas-de-Calais, a donné une classification fort ingénieuse.

Il établit d'abord deux grandes catégories :

1° Les terres arables ordinaires donnant un degré humique inférieur à 50;

2° Les terres à humus donnant un degré humique supérieur à 50 (1).

(1) Pour déterminer le *degré argileux*, M. Pagnoul se base sur ce fait qu'en agitant la terre dans un tube avec une eau légèrement calcaire, le liquide s'éclaircit par le haut, se sépare nettement de la partie trouble après une dizaine de minutes, et cette partie trouble est d'autant plus longue que la terre est plus argileuse.

On sait que la détermination de l'argile en poids conduit à des résultats extrêmement divers selon le mode de lavage employé.

On obtient facilement, avec les terres ordinaires, des proportions de 30, 40, et même 60 pour 100 d'argile.

Or, d'après Schlœsing, cette proportion ne dépasserait jamais 30; elle varierait, dans les terres ordinaires, de 4 à 10 et irait rarement jusqu'à 15. La détermination exacte de l'argile est d'ailleurs une opération assez longue et assez pénible.

M. Pagnoul a cherché à l'éviter en utilisant simplement l'observation citée plus haut. Voici sa manière de procéder :

On introduit 4 grammes de terre dans un tube divisé en centimètres et en millimètres, ayant environ 35 centimètres de longueur et exactement 1 centimètre carré de section; on ajoute un peu d'eau calcaire et on agite pour bien mêler.

L'eau dont nous nous servons est une bonne eau de source mar-

Les terres arables ordinaires, qui comprennent la presque totalité des terres de grande culture, sont partagées en trois grandes divisions :

Terres calcaires ;

quant 25 degrés hydrotimétriques. On complète le volume jusqu'au degré 20 ou 200 en millimètres, on agite de nouveau et on laisse reposer dix minutes en inclinant légèrement le tube. Le liquide se trouve alors nettement éclairci dans le haut, la ligne de démarcation entre la partie trouble et la partie limpide qui surnage est en général très nette, et l'on mesure la longueur de la partie trouble qui sera de 25 à 26 millimètres avec le sable pur, de 45 à 60 avec les terres limoneuses ordinaires, de 60 et au delà avec les terres fortes, et ira enfin jusqu'à 200 avec les argiles les plus fortes.

Avec l'eau distillée ou l'eau de pluie, les résultats ne sont plus du tout les mêmes; le liquide reste trouble dans toute sa longueur et ne présente plus que des différences peu appréciables avec les diverses espèces de terre.

Il importe, pour obtenir des résultats comparables, d'employer toujours une eau de même nature, de n'opérer qu'à une température voisine de 15 degrés et de donner au tube, abandonné au repos, une inclinaison constante.

On voit qu'il ne s'agit pas ici d'une analyse, mais d'un simple essai analogue à celui auquel on a recours, par exemple, avec le crémomètre pour apprécier la valeur du lait par l'expérience de la crème surnageante.

Cependant, afin de donner une signification un peu plus précise aux chiffres ainsi obtenus, nous avons opéré avec des mélanges de sable pur et de différentes argiles très fortes marquant 200 degrés.

Les résultats nous ont conduit aux relations approximatives suivantes :

Sable.	Argile.	Degré argileux.
100	0	26
98	2	40
95	5	50
92	8	60
90	10	70
85	15	90
80	20	110
75	25	125
66	34	150

Terres argileuses ;

Terres sablonneuses ;

dont chacune contient quatre classes, se rattachant plus

Sable.	Argile.	Degré argileux.
55	45	170
50	50	180
40	60	190
30	70	195
0	100	200

La très grande majorité de nos terres donne un degré voisin de 50. Une terre marquant 70 est déjà une terre très forte et difficile à travailler. On voit que ces chiffres s'accordent assez bien avec ceux cités plus haut comme représentant, d'après Schlœsing, les proportions habituelles de l'argile qui se trouve dans les terres arables (*a*).

Pour évaluer la richesse relative en humus le même auteur utilise la coloration à laquelle il donne lieu lorsque l'on fait bouillir la terre avec une dissolution de soude ou de potasse.

On introduit 2 grammes de terre dans un tube de 75 centimètres cubes environ portant deux traits, l'un à 20 centimètres cubes, l'autre à 50. On ajoute jusqu'au premier trait une dissolution contenant 80 grammes de soude caustique par litre et on fait bouillir doucement pendant 5 minutes. On laisse refroidir, on ajoute de l'eau jusqu'au second trait pour compléter le volume de 50, on agite et on jette le tout sur un filtre. On obtient ainsi une liqueur jaune d'autant plus foncée que la terre est plus riche en humus.

Pour exprimer le résultat en nombre, on se sert d'une liqueur type obtenue en faisant dissoudre 2 grammes de caramel dans un litre d'eau et on introduit cette dissolution dans un tube de 1 centimètre carré de section que l'on ferme à la lampe. On introduit 10 centimètres cubes de la liqueur alcaline filtrée dans le tube gradué qui a servi à la détermination du degré argieux et on ajoute de l'eau distillée jusqu'à égalité de teinte. Le volume ainsi obtenu est ce que M. Pagnoul appelle le degré humique.

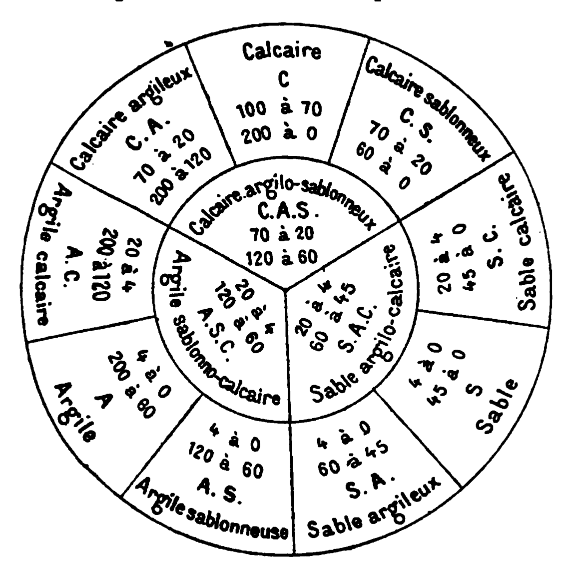
Pour avoir des chiffres bien comparables, il est indispensable de conserver à la teinte type une nuance absolument invariable ; c'est ce qu'on obtient au moyen d'un verre jaune convenablement choisi.

(*a*) A. Pagnoul, *Recherches relatives aux terres arables* (*Bulletin de la station agronomique du Pas-de-Calais* de 1886).

ou moins aux deux autres divisions, comme l'indique cette figure.

Les lettres inscrites sur cette figure représentent la désignation de la classe; les grands chiffres, la proportion de calcaire pour 100; les petits chiffres, le degré argileux.

Des couleurs méthodiquement attribuées à chacune des douze classes permettraient de rendre plus sensibles les re-



lations qui existent entre elles et en même temps très facilement intelligible la carte agronomique d'une commune (1).

Voici (tabl. VII) l'ensemble de la classification proposée par M. Pagnoul, avec la proportion de calcaire et le degré argileux caractérisant chaque classe, ainsi que le signe et la couleur qui pourraient la représenter sur une carte agronomique.

(1) M. Pagnoul, *Bulletin de la station agronomique du Pas-de-Calais*, 1886.

CLASSIFICATION DES TERRES ARABLES PAR M. PAGNOUL.

Tableau VII.

	DIVISIONS.	CLASSES.	CALCAIRE pour 100.	DEGRÉ argileux.	DÉSIGNATION	COULEUR conventionnelle.
Terres arables ordinaires.	Terres calcaires.	Calcaire	100 à 70	200 à 0	C	Jaune.
		Calcaire argilo-sablonneux.	70 à 20	120 à 60	CAS	Jaune pâle.
		Calcaire argileux	70 à 20	200 à 120	CA	Jaune vert.
		Calcaire sablonneux	70 à 20	60 à 0	CS	Jaune orangé.
	Terres argileuses.	Argile	4 à 0	200 à 120	A	Bleu.
		Argile sablonno-calcaire	20 à 4	120 à 60	ASC	Bleu pâle.
		Argile calcaire	20 à 4	200 à 120	AC	Bleu vert.
		Argile sablonneuse	4 à 0	120 à 60	AS	Violet bleu.
	Terres sablonneuses.	Sable	4 à 0	45 à 0	S	Rouge.
		Sable argilo-calcaire	20 à 4	60 à 45	SAC	Rouge pâle.
		Sable calcaire	20 à 4	45 à 0	SC	Orangé.
		Sable argileux	4 à 0	60 à 45	SA	Violet rouge.
Terres à humus.	Terres humifères, degré humique : 50 à 80.	Calcaires	Plus de 5	»	HC	Brun pâle.
		Peu calcaires	5 à 0	»	H	Brun plus foncé.
	Terres tourbeuses, degré humique : 80 ou plus.	Calcaires	Plus de 5	»	TC	Noir pâle.
		Peu calcaires	5 à 0	»	T	Noir plus foncé.

Enfin, nous donnons (tabl. IX), pour clore cette série de classifications, une autre division des terres agricoles qui les partage en embranchements, classes, familles, genres et espèces.

Cette classification, outre qu'elle est très méthodique, a le grand avantage de prendre tous les caractères en considération, qu'ils soient d'ordre physique, chimique, minéralogique, géologique ou cultural (1).

Outre l'analyse physico-chimique du sol, dont nous avons donné plus haut les principes, suivant la méthode proposée par M. Schlœsing, existe-t-il un moyen pratique pour reconnaître si un sol renferme tel ou tel élément physique, argile, calcaire, silice et humus, et quel est celui qui prédomine? La végétation spontanée fournit à ce sujet des indications précieuses qui sont loin d'être à dédaigner.

Voici les principales plantes caractéristiques des terrains :

(1) A. Larbalétrier, *l'Agriculture française*, p. 37 et suiv.

LA CLASSIFICATION NATURELLE DES TER

DÉSIGNATION DES CLASSES.		COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE LIMITES DES PROPORTIO centésimales des éléments.			
		Argile.	Sable.	Calcaire pulvérul[t]	Terre
TYPE DE CLASSEMENT classe hors cadre.	I. TERRES PARFAITES. — Dont les éléments se font équilibre.	20 à 30 0/0	50 à 70 0/0	5 à 10 0/0	5 à 10
1[er] *Embranchement.* Terres argileuses dans lesquelles l'argile domine. — Caractères : La terre fait pâte avec l'eau, et forme en se desséchant, des mottes plus ou moins dures.	II. TERRES ARGILEUSES. — L'argile domine seule sur tous les éléments.	plus de 40 0/0	moins de 50 0/0	moins de 5 0/0	5 à 10
	III. TERRES ARGILO-SABLEUSES. — L'argile domine sur le sable, et avec le sable sur tous les autres éléments.	plus de 30 0/0	50 à 70 0/0	moins de 5 0/0	5 à 10
	IV. TERRES ARGILO-CALCAIRES. — L'argile domine, et après elle le calcaire pulvérulent.	plus de 30 0/0	moins de 50 0/0	5 à 10 0/0	à 10
	V. TERRES ARGILO-HUMIFÈRES. — L'argile domine et après elle le terreau.	plus de 30 0/0	moins de 50 0/0	moins de 5 0/0	pl de 1
2[e] *Embranchement.* Terres non argileuses dans lesquelles l'argile est dominée par le sable, seul ou avec un autre élément. — Caractères : La terre se délaye dans l'eau sans faire pâte avec elle. Elle ne donne pas de mottes dures.	VI. TERRES SABLEUSES. — Le sable domine seul.	moins de 10 0/0	plus do 80 0/0	moins de 5 0/0	à 1
	VII. TERRES SABLO-ARGILEUSES. — Le sable domine, mais l'argile se fait sentir après lui.	10 à 20 0/0	plus de 70 0 0	moins de 5 0/0	à 1
	VIII. TERRES SABLO-CALCAIRES. — Le sable domine, et après lui, le calcaire pulvérulent.	moins de 10 0/0	plus de 70 0/0	5 à 10 0/0	à 1
	IX. TERRES SABLO-HUMIFÈRES. — Le sable domine, et après lui le terreau.	moins de 10 0/0	plus de 70 0/0	moins de 5 0/0	p de
	X. TERRES CALCAIRES. — Le calcaire pulvérulent domine seul.	moins de 10 0/0	50 à 70 0/0 sable calcaire surtout.	plus de 10 0/0	à
	XI. TERRES HUMIFÈRES. — Le terreau domine seul.	moins de 10 0/0	moins de 50 0/0	moins de 5 0/0	de

ARABLES, DE M. MAZURE. (Tableau VIII.)

TERMES VULGAIRES SYNONYMIE.	CARACTÈRES SPÉCIFIQUES VULGAIRES.
Terres franches, Limons *Loams* (des Anglais).	La terre se tasse dans la main, mais s'égrène en la pressant fortement sous les doigts. — Fait effervescence assez vivement avec le vinaigre, ou les acides forts.
Terres glaises. — Terres à potier.	La pâte est plastique ; se pétrit sous les doigts, se coupe au couteau quand elle est dure ; ne se brise qu'au marteau. — Effervescence nulle ou très faible avec les acides.
Glaises maigres. — Glaises sableuses. — Terres fortes. — Terres à blé.	La pâte est assez plastique encore. Le couteau l'égrène en la coupant. — Effervescence nulle ou très faible avec les acides.
Marnes glaiseuses. — Glaises blanches. — Terres à trèfle et à luzerne.	La pâte est plastique ; se coupe assez bien au couteau, se brise assez facilement à la main. — Effervescence très vive avec les acides.
Glaises noires. — Terres de marécages.	La pâte est très plastique ; se coupe bien au couteau, se brise à coups de marteau seulement. — Effervescence très faible ou nulle, à odeur putride infecte.
Sables friables. — Sables meubles Terres de pinières.	La terre s'égrène au moindre effort quand on veut la mettre en mottes. — Effervescence très faible avec les acides.
Sables consistants. — Terres légères. — Terres à seigle.	La terre est assez aisément tassée en mottes ; mais ces mottes sont faciles à pulvériser. — Effervescence très faible avec les acides.
Sables crayeux. — Terres blanches. — Terres à sainfoin et à luzerne.	La terre ne peut se tasser en mottes. — Effervescence très vive avec les acides.
Sables noirs. — Terres de bruyère. — Terres de jardinier.	La terre ne peut se tasser en mottes. — Effervescence très faible avec les acides. La terre exhale une odeur fétide et putride.
Terres marneuses. — Marnes exploitables.	La terre se tasse en mottes en blanchissant les doigts. La motte durcie se délite à l'air humide. — Elle fait vivement effervescence avec les acides.
Tourbes marécages.	La terre est noire et très légère, sans consistance. — Effervescence faible ou nulle avec les acides, odeur fétide putride.

Tableau IX.

EMBRANCHEMENTS.	CLASSES.	FAMILLES.	GENRES.	ESPÈCES.
Terres d'origine ignée.	Cristallines.	Granitiques.	Argileuses. Siliceuses.	Rocheuses. Graveleuses. Caillouteuses. Sableuses. Compactes.
		Gneissiques.	Argileuses. Siliceuses.	
	Éruptives.	Basaltiques. Trachytiques. Volcaniques. Porphyriques.	Argileuses ou siliceuses.	
Terres d'origine sédimentaire.	Autochtones, c'est-à-dire formées sur place.	Calcaires.	Argileuses. (Marneuses). Siliceuses.	Rocheuses. Graveleuses. Caillouteuses. Sableuses. Compactes.
		Argileuses. Siliceuses.		
		Humifères ou de terreau	Terreau doux. Terreau acide.	
	Détritiques ou de transport.	Schisteuses. Non calcaires.	Talqueuses. Micacées.	
		Calcaires.	Crayeuses. Limoneuses.	
		Alluviales.	Anciennes. Modernes.	

Ainsi, dans les terres argileuses, vous trouverez les plantes suivantes : *lolium perenne, tussilage pas-d'âne, lotier corniculé, chicorée sauvage, laitue vireuse, sureau, yèble*, etc.

Dans les terres calcaires, on trouve les plantes ainsi dénommées : *anémone pulsatille, germandrée petit chêne, potentille printanière, chardon, arrête-bœuf, coquelicot*, etc.

Dans les sols siliceux, on trouve en abondance : *saxifrage tridactyle, genêt des Anglais, pensée sauvage, fétuque rouge, canche naine, chiendent, spergule*, etc.

Enfin, les terres humifères sont caractérisées par les *sphaignes*, *carex*, *aiselle canneberge*, *épilobe*, *menthe poivrée*, *hypnum*, *gratiole officinale*, etc.

Il nous reste maintenant à examiner la terre au point de vue des éléments chimiques qu'elle renferme. En effet, outre l'argile, la silice, le calcaire et l'humus, qui agissent surtout physiquement et mécaniquement, la terre contient d'autres substances qui servent d'aliments aux plantes et qui communiquent au sol sa fertilité. Ces corps sont : l'azote (azote organique, azote nitrique, azote ammoniacal), l'acide sulfurique, l'acide phosphorique, la potasse, la soude, la magnésie, l'oxyde de fer et de manganèse, etc.

L'azote, la chaux, l'acide phosphorique et la potasse, sont les plus importants de tous ces corps ; ce sont les véritables aliments des plantes, que nous aurons à étudier en détail en parlant des engrais ; pour le moment, il nous faut voir comment on les rencontre dans les sols.

L'azote des sols arables s'y trouve sous trois états :

1° A l'état d'ammoniaque ou de carbonate d'ammoniaque ;

2° A l'état de nitrates, de chaux, de potasse, de magnésie ;

3° A l'état d'azote organique.

M. Boussingault a trouvé dans 1 kilogramme de terres séchées les quantités suivantes d'azote sous ces différents états :

Tableau X.

TERRES.	AZOTE des matières organiques.	AMMONIAQUE toute formée.	NITRATES équivalents au nitrate de potasse.
	gr.	gr.	gr.
Terreau des maraîchers de Paris	10,503	0,148	1,071
Terre légère du potager de Liebfrauenberg	2,594	0,020	0,175
Terre forte très argileuse de Bechelbronn, venant de porter du blé	1,397	0,009	0,015
Terre prise à l'embouchure du Rio-Negro (Amazone), sable jaune très divisé, d'origine granitique; steppe recouvert d'herbes	0,688	0,038	0,001

En ce qui concerne l'azote organique des terres arables, il règne encore une incertitude que la science n'a pas réussi à éclaircir. Quelle est cette matière azotée? Probablement de l'acide ulmique ou quelque composé analogue.

Toutefois, comme le fait remarquer M. Dehérain, il n'est pas de question qui ait été plus discutée que celle du degré d'utilité qu'il faut accorder à la matière organique du sol arable. Th. de Saussure professait que les plantes absorbent directement l'extrait du terreau; pour lui, la matière organique de la terre arable était donc le principe nourricier par excellence. Depuis, cette idée a été abandonnée peut-être trop complètement, et beaucoup d'agronomes s'accordent à ne voir dans l'humus qu'une source importante d'acide carbonique et de nitrates. Il faut bien reconnaître, toutefois, que la question est loin d'être résolue, et qu'il n'est nullement démontré que les matières azotées plus ou moins complètes, dissoutes dans les alcalis fixes, ne servent pas directement de nourriture à certaines plantes, et notamment aux légumineuses.

Avant d'aller plus loin, il importe d'être fixé sur les propriétés de cette matière organique de la terre arable. En effet, la quantité d'azote qui y est contenue est si considérable que, s'il était démontré que les plantes peuvent l'absorber directement, on en devrait conclure que le sol est assez abondamment fourni de principes riches en azote pour qu'il soit inutile de lui en ajouter, avec les engrais, de nouvelles proportions.

On sait que M. J. de Liebig, qui a tant contribué par ses travaux à fonder la science agricole, n'a pas reculé devant cette conclusion si pleinement en désaccord avec l'expérience journalière des cultivateurs, dont il faut toujours tenir compte cependant, et que c'est en s'appuyant sur les dosages d'azote, exécutés sur des terres arables bien cultivées, qu'il arriva à formuler sa fameuse théorie dans laquelle il professait que dans les engrais les substances minérales seules présentent de l'intérêt, et que c'est à tort qu'on attribue aux engrais azotés un effet quelconque sur la végétation. M. J. de Liebig accordait dans ce cas à la matière organique de la terre arable une influence qu'elle n'a que très rarement (1).

A cela il faut ajouter que le sol renferme des quantités considérables de matières azotées, de phosphates, de sels de potasse, etc.; mais, en général, tous ces éléments sont *insolubles* et, par suite, ils ne peuvent exercer à cet état aucune action immédiate; avant d'avoir subi une métamorphose, qui détermine leur solubilité, ils ne peuvent être d'aucune utilité pour la végétation.

Par une expérience directe de culture, M. Boussingault a donné de l'état d'inertie de la matière azotée de la terre arable une preuve convaincante; à l'opinion des savants sur la terre arable, l'éminent professeur a voulu joindre,

(1) P.-P. Dehérain, *Cours de chimie agricole*, 1873, p. 379 et suiv.

suivant sa spirituelle expression, « l'opinion des plantes ».

On a planté un lupin dans un mélange formé de 1000 grammes de sable quartzeux, de 500 grammes de gros fragments de quartz et de 130 grammes de terre végétale du Liebfrauenberg, renfermant 34 centigrammes d'azote, c'est-à-dire ce qu'il y en a dans 2g,45 de nitrate de potasse ou dans 41 centigrammes d'ammoniaque; on avait ajouté 2 décigrammes de cendres de foin. Quand on mit fin à l'expérience, le lupin était entièrement chétif, il n'avait acquis pendant la végétation que 4 milligrammes d'azote, c'est-à-dire ce que prend souvent une plante qui s'est développée librement à l'air, dans du sable stérile : l'azote contenu dans le sol n'était pas intervenu dans la végétation.

On voit quelle erreur on commettrait si l'on considérait comme azote assimilable celui que le dosage par la chaux sodée (1) accuse dans la terre arable; mais on se tromperait également si l'on supposait que la quantité de substance azotée, qui sera à la disposition de la plante pendant la durée de la végétation, sera uniquement représentée par l'ammoniaque et les nitrates trouvés au moment du dosage. Ces deux substances se forment en quelque sorte d'une façon constante aux dépens de la matière azotée insoluble, et la quantité de nitrates qui se rencontre dans la terre arable varie notablement d'un jour à l'autre; les pluies abondantes les font disparaître, tandis que la sécheresse, forçant l'eau à remonter par capillarité jusqu'aux couches supérieures (2), ramène à la surface les nitrates que ces eaux tiennent en dissolution.

(1) Ce dosage repose sur ce principe, qu'une matière organique chauffée avec de la chaux sodée dégage tout son azote à l'état d'ammoniaque, lorsque cet azote ne provient pas de l'acide nitrique. A. L.

(2) Voir plus loin, au sujet de la capillarité, ce qui est dit sur l'eau des terres arables.

L'exemple des nitrières artificielles et des localités où l'on recueille le salpêtre montre que celui-ci se forme tant que la masse sur laquelle il vient s'effleurir renferme des matières azotées; la condition favorable est l'excès de l'air et probablement une certaine chaleur; aussi voyons-nous constamment le cultivateur aérer le sol en lui donnant des façons multipliées, et cela surtout pour les plantes qui empruntent beaucoup à la terre dans laquelle elles séjournent et qui bénéficient particulièrement des engrais azotés.

Une grande partie des éléments azotés contenus dans la terre arable est insoluble dans l'eau, mais soluble, au contraire, dans les lessives alcalines; or, on sait que toutes les plantes renferment des alcalis souvent en proportion notable, et que dans les cendres ces bases se trouvent à l'état de carbonates; dans la plante même, les alcalis sont généralement combinés avec les acides organiques : il est possible que ce soit sous forme de carbonates que les alcalis aient pénétré et que l'acide carbonique ait été éliminé par les acides végétaux; mais il est possible également que les alcalis se soient combinés dans le sol avec les acides humiques étudiés par M. Thénard, et que ces alcalis aient été assimilés; ils serviraient ainsi de dissolvants et de véhicules à une matière azotée complexe capable, sans doute, de se transformer en principes albuminoïdes comme les nitrates eux-mêmes (1).

Le fait même de la non-assimilabilité *immédiate* de l'azote organique d'une terre est une garantie contre sa déperdition, c'est une réserve pour l'avenir qu'on est loin de trouver dans l'ammoniaque et les nitrates du sol qui, eux, sont immédiatement assimilables.

Il nous faut examiner maintenant le rôle dévolu à l'azote

(1) P.-P. Dehérain, ouv. cité.

ammoniacal des terres ou, pour parler plus exactement, à l'ammoniaque.

Nous avons déjà vu que l'atmosphère renfermait de l'ammoniaque qui, en raison même de sa solubilité, peut être apporté au sol par les eaux de pluie, la neige, le brouillard, etc. Nous n'y reviendrons pas. L'ammoniaque du sol peut être divisée en trois parties :

1° Une partie est employée immédiatement au profit de la végétation, notamment sous forme d'ulmate d'ammoniaque ;

2° Une autre s'évapore dans l'atmosphère, ainsi qu'il résulte de nombreuses expériences faites par MM. Boussingault, Barral, Bineau, etc.;

3° Enfin, une autre partie est pour ainsi dire en réserve, étant retenue par les éléments absorbants du sol, tels que l'argile, l'oxyde de fer, etc.

En 1848, Huxtable et P. Thompson ont étudié le pouvoir absorbant du sol eu égard à l'ammoniaque.

Plus tard, ces expériences furent reprises par Brustlein qui a obtenu les résultats suivants :

Tableau XI.

1° AMMONIAQUE LIBRE.

AMMONIAQUE DANS 100 GRAMMES de dissolution.	AMMONIAQUE ABSORBÉE PAR 50 GRAMMES DE TERRE.		
	Beschelbronn (argilo-calcaire).	Mittelhausbergen (très calcaire).	Liebfrauenberg (riche en humus).
0,355	0,056	0,035	0,024
0,117	0,032	0,026	0,017
0,029	0,014	0,019	0,008
2° CHLORHYDRATE D'AMMONIAQUE.			
AMMONIAQUE DANS 100 GRAMMES de dissolution de chlorhydrate.			
0,379	0,090	0,043	0,055
0,038	0,020	0,010	0,018

Ces chiffres n'ont rien d'absolu. Ils varient avec la durée de l'expérience; un contact prolongé de la terre avec la dissolution détermine une augmentation sensible dans la quantité d'ammoniaque absorbée (1).

Way a reconnu que ce pouvoir n'appartenait qu'aux argiles et aux humates; MM. Nœgelé et Zœller ont obtenu des pommes de terre satisfaisantes dans de la tourbe concassée ayant absorbé ces principes fertilisants.

A ce sujet, les récentes expériences du docteur A. Vœlcker méritent une mention spéciale. Voici les conclusions de son travail :

Tous les sols soumis à l'expérience (2) ont la propriété

(1) Schlœsing, *la Terre arable* (*Encyclopédie chimique*).

(2) Les sols sur lesquels ont porté les expériences du docteur

de retenir l'ammoniaque contenue dans une dissolution aqueuse (1) ;

Le sol sableux absorbe autant d'ammoniaque que le sol argileux (2) ;

Les sols riches en matières organiques retiennent moins d'ammoniaque que ceux où ces matières ne sont pas en excès ;

Les différences dans le pouvoir absorbant des divers sols, sableux, calcaires et argileux, ne sont pas aussi grandes qu'on le croit généralement ;

Aucun sol n'a la propriété de fixer la totalité de l'ammoniaque avec laquelle il est mis en contact ;

Le sol absorbe plus d'ammoniaque au contact d'une dissolution concentrée ; mais les dissolutions plus faibles sont relativement plus épuisées que les dissolutions fortes ;

Les sols riches en matières organiques (acides humiques) commencent par absorber moins d'ammoniaque au contact de liqueurs faibles ; mais, plus tard, ils en absorbent davantage au contact de liqueurs fortes ;

Un sol qui a absorbé une quantité déterminée d'ammoniaque au contact d'une dissolution ammoniacale faible, en absorbe de nouvelles quantités au contact de dissolutions plus fortes ;

Tous les sols expérimentés absorbent non seulement l'ammoniaque à l'état libre, mais aussi celle existant dans les dissolutions de sels ammoniacaux ;

Avec les dissolutions de sulfate ou de chlorhydrate

Vœlker sont : 1° un sol argileux calcaire ; 2° un loam fertile ; 3° un sol argileux compact ; 4° un sol sablonneux stérile ; 5° un sol en pâturage.

(1) L'eau de pluie entraînant l'ammoniaque atmosphérique représente assez bien cette dissolution aqueuse. A. L.

(2) En ce point, les expériences de Vœlcker détruisent en quelque sorte celles de Way.

d'ammoniaque, la base seule est retenue par le sol, tandis que l'acide reste dans le liquide, associé à la chaux et aux autres matières minérales;

Les sols absorbent plus d'ammoniaque au contact des dissolutions fortes de sels ammoniacaux qu'au contact des dissolutions faibles;

Dans aucun cas, l'ammoniaque absorbée par le sol n'est fixée d'une manière assez complète ou durable, pour que, par lavage, il ne soit possible de lui en enlever des quantités appréciables;

Les quantités enlevées par lavages successifs sont faibles relativement à celles réellement retenues par le sol;

Les sels ont plus de force pour absorber l'ammoniaque que l'eau n'en a pour la dissoudre, une fois fixée (1).

Le rôle des nitrates dans la terre végétale est non moins important.

Pendant longtemps, on a admis la nitrification directe de l'azote constitutif de l'air atmosphérique dans le sol, c'est-à-dire la combinaison pure et simple de l'azote et de l'oxygène de l'air. Les recherches de MM. Boussingault et Schlœsing ont démontré l'inexactitude de cette manière de voir. D'autres travaux, plus récents, dus à MM. Schlœsing et Müntz, Warrington, Dehérain et Maquenne ont établi très nettement que la nitrification n'est pas un simple phénomène chimique, mais bien une oxydation corrélative de la présence de substances organiques azotées, sous l'influence d'un être microscopique aérobie, d'un ferment figuré ayant nom *Bacillus amylobacter*, dont l'action a pu être suspendue par les anesthésiques, tels que l'éther et le chloroforme; ce microbe une fois tué, le sol cessant de nitrifier.

(1) *Travaux et expériences du Dr A. Vœlcker*, par A. Ronna (*Annales de la science agronomique française et étrangère*, de M. L. Grandeau, 1885, t. I).

D'après M. Schlœsing les conditions requises pour que la nitrification se produise sont :

1° Présence d'une matière azotée (combustible);

2° Présence de l'oxygène (comburant) ;

3° Il faut que l'acide nitrique rencontre à l'état naissant une base capable de le saturer; les terres acides (terres de bruyères) ne donnent lieu à aucune production d'acide nitrique;

4° Il faut une température déterminée; ainsi la nitrification est presque nulle à 5 degrés, elle a son maximum à 37 et cesse à 55 degrés (Müntz et Schlœsing);

5° Une certaine dose d'humidité est nécessaire, toutefois la terre ne doit pas être noyée; les terres sèches ne se nitrifient jamais;

6° Enfin il faut la présence d'un ferment spécial.

La nitrification n'a lieu que dans un milieu *légèrement* alcalin. Une terre qui vient d'être chaulée cesse de produire des nitrates, l'eau de chaux constituant un milieu trop alcalin ; les bicarbonates de chaux sont plus favorables.

M. Schlœsing a prouvé que l'ammoniaque est complètement nitrifiée en quinze jours. Voici les conditions de l'expérience :

	500 GRAMMES DE TERRE ADDITIONNÉE DE CHLORHYDRATE D'AMMONIAQUE.		
	Milligr.	Milligr.	
Ammoniaque.	55,65	5,95	Perte d'ammon. : 49,7 mgr = 158 mgr d'acide nitriq.
Acide nitrique.	»	165,5	Gain d'acide nitrique . 186,5.
	13 juin	1er juill.	

Il résulte en particulier des expériences de MM. Boussingault et Schlœsing que, pour que les nitrates se forment,

il faut la présence d'une substance organique azotée dans le sol. Une partie de l'azote de cette substance passe à l'état de nitrate ; une quantité plus faible se transforme en ammoniaque ; enfin le reste, mis en liberté, s'échappe dans l'atmosphère et se trouve perdu pour les plantes. Donc, plus le sol est remué, c'est-à-dire aéré, plus la nitrification est active, d'une manière générale, et plus par conséquent la matière organique azotée disparaît.

Mais la terre peut être le théâtre d'un autre phénomène concernant l'azote nitrique, la dénitrification ou réduction des nitrates, déjà observée par M. Schlœsing et mise plus récemment en lumière par les belles recherches de MM. Gayon et Dupetit. Cette réduction est aussi un phénomène physiologique, l'œuvre d'un ferment, le *bacillus denitrificans*. Il résulte de ces travaux que ce ferment réduit les nitrates alcalins dans une terre végétale, riche en humus, sans qu'il soit nécessaire de lui ajouter des matières étrangères ; les matières organiques de la terre suffisent à la nutrition du microbe, et leur carbone est brûlé par l'oxygène de l'acide nitrique. Pendant cette dénitrification, il y a une certaine quantité d'ammoniaque qui se forme ; sa proportion dépend de la nature du microbe et sans nul doute aussi, suivant MM. Gayon et Dupetit, de la composition des matières azotées du sol.

Ces ferments sont anaérobies.

Il est probable que l'origine de l'ammoniaque qui se forme ainsi varie avec les propriétés physiologiques des organismes réducteurs qui vivent dans la terre végétale, et que son azote peut être emprunté, soit à l'acide nitrique, soit aux substances organiques azotées. Dans le premier cas, les nitrates ne sont pas détruits en pure perte et sans aucune compensation ; dans le second, l'azote organique devient soluble et plus aisément assimilable par les racines des végétaux.

La décomposition des nitrates employés comme engrais, ou formés par nitrification spontanée, n'est pas à redouter dans une terre en bonne culture, labourée souvent, meuble et bien aérée, car l'oxygène y pénètre assez profondément pour empêcher les microbes anaérobies de se développer et d'exercer leur fâcheuse influence réductrice.

Mais, si la terre est recouverte d'eau ou simplement imprégnée d'humidité, l'air n'y circule plus librement, et les phénomènes de réduction ne tardent pas à apparaître, surtout à la température de l'été. La nature du sol, sa composition chimique, les germes qu'il renferme, influent naturellement sur la rapidité et sur la nature de la réaction.

MM. Gayon et Dupetit ont tiré bon nombre de conclusions pratiques de leurs recherches sur cet important sujet ; en voici le résumé : la décomposition des nitrates par le bacillus dénitrificant n'est ni une fermentation proprement dite, ni un phénomène secondaire : c'est une combustion des matières organiques par l'oxygène nitrique, produite avec dégagement d'une grande quantité de chaleur. C'est le type de fermentations qui ne peuvent s'accomplir que par le concours simultané de plusieurs réactions chimiques.

La connaissance de ces faits devrait toujours guider l'agriculteur dans l'emploi des nitrates comme matières fertilisantes du sol. En se rappelant que ces engrais se décomposent dans les milieux non aérés, il éviterait de les appliquer sur des terres trop compactes ou trop humides (1).

Il nous faut maintenant dire quelques mots sur l'acide phosphorique des terres arables, cette substance constituant un des éléments essentiels de leur fertilité.

L'acide phosphorique se trouve dans les sols à l'état de

(1) U. Gayon et G. Dupetit, *Recherches sur la réduction des nitrates par les organismes microscopiques.*

phosphate de chaux, de phosphate de sesquioxyde de fer et de phosphate d'alumine et de magnésie.

Nous trouvons des phosphates de chaux et de magnésie dans presque tous les terrains calcaires secondaires. On se l'explique facilement, fait remarquer le comte de Gasparin, quand on pense à la quantité de débris de mollusques et d'autres animaux qu'ils renferment. On trouve aussi des phosphates dans les terrains plutoniques. L'apatite (phosphate de chaux) accompagne souvent les granites, les basaltes, les schistes argileux, etc. Beaucoup d'eaux minérales tiennent des phosphates en dissolution ; le terreau, étant composé de débris organiques, offre aussi des combinaisons phosphorées aux plantes; enfin, si l'on finit par trouver dans l'eau de pluie toutes les substances qui sont dissoutes dans l'eau de mer, on devra aussi y trouver des phosphates. Mais, comme celle-ci n'en contient qu'une faible quantité, on ne peut guère compter que cette source soit assez abondante pour compenser les pertes occasionnées au terrain par la récolte (de Gasparin).

Suivant leur origine, les terres renferment des proportions très variables d'acide phosphorique. Voici quelques exemples :

	Acide phosphor. par kilog. gr.	
Terre prise à Vaujours.........	1,9	(Schlœsing)
Terre de bruyère..............	1,5	—
Terre d'un étang..............	1,0	—
Terre de Boulogne (Seine).....	2,4	—
Argile marneuse de l'Arve......	1,2	(de Gasparin)
Alluvion de la Durance........	4,2	—
Eau de jardin de Calevet........	1,3	(Risler)
Sables granitiques (Ardèche)....	6,2	—

Les quantités d'acide phosphorique ne tendent pas, comme celles de l'azote, à diminuer à mesure qu'on pénètre plus profondément dans la terre arable. Quelque-

fois même on en trouve plus de 50 centimètres à 1 mètre que de 10 à 30 centimètres (1).

La quantité moyenne d'acide phosphorique des terres serait, d'après M. Schlœsing, de 1g,7 d'acide phosphorique par kilogramme, soit 6 à 7 tonnes par hectare, en admettant une épaisseur de 25 centimètres pour la couche arable.

Si la couche de terre fine où se nourrissent les racines du blé, font observer MM. Risler et Colomb Pradel, pèse 4 millions de kilogrammes par hectare, il faudrait lui enlever 2 000 kilogrammes, sans jamais lui en rendre, sous forme d'engrais ou d'amendements, pour faire tomber son dosage de 1 pour 1 000 à un demi pour 1 000. Si une récolte de blé ou d'avoine emporte seulement 30 kilogrammes d'acide phosphorique, il suffit de 66 à 70 récoltes pour produire ce résultat. 100 récoltes sans restitution feront tomber la terre de la richesse à la pauvreté. Certains sols résistent plus ou moins à cet épuisement, parce que les fragments de roches qui se trouvent mêlés à la terre fine contiennent de l'acide phosphorique et en fournissent en se décomposant, ou parce qu'ils en reçoivent des terres situées au-dessus d'eux, par les eaux, par les vents, etc. D'autres, au contraire, en perdent sous l'influence des mêmes causes, plus encore que les récoltes ne leur en enlèvent; la terre fine s'en va à mesure qu'elle est formée (2).

Cependant il est à remarquer que les terres renfermant de notables proportions d'acide phosphorique ne sont pas par cela même les plus productives ; car, comme les matières azotées, il s'y trouve habituellement engagé dans

(1) E. Risler et Colomb-Pradel, *Dans quelles limites l'analyse chimique des terres peut-elle servir à déterminer les engrais dont elles ont besoin ?* 1887.

(2) E. Risler et Colomb-Pradel, *op. cit.*

des combinaisons insolubles dans l'eau, et même insolubles dans les acides faibles, comme l'acide carbonique ; par conséquent cette substance ne servirait pas à la végétation, si des réactions nouvelles ne les amenaient de nouveau à l'état soluble, tout au moins à l'état de phosphate de chaux soluble dans l'eau chargée d'acide carbonique (1).

La destination naturelle des terres pauvres en phosphates est la forêt. Tandis que la plus maigre récolte de blé doit trouver dans le sol qui la produit 20 à 25 kilogrammes d'acide phosphorique par hectare, une forêt de pins en demande seulement $4^k,75$ par an et par hectare, et la plus grande partie de cet acide phosphorique ($3^k,68$) va se fixer dans les aiguilles et les menues branches, qui tombent sur la terre, s'y décomposent et lui rendent ce qu'elles y ont pris ; le bois n'en absorbe guère plus de 1 kilogramme par an et par hectare (2).

D'ailleurs, M. Schütze a constaté que la vigueur de la végétation du pin varie en raison directe de la quantité d'acide phosphorique contenue dans les terrains. Il a dosé :

0501 p. 1000	d'acide phosphoriq.	dans le sol des pinières de	1re	classe.
0569	—	—	2e	—
0388	—	—	3e	—
0299		—	4e	—
0236	—	—	5e	—

L'épicéa demande un peu plus d'acide phosphorique que le pin : $7^k,86$ par an. Le hêtre, le plus exigeant de nos arbres sous ce rapport, en veut $13^k,33$, mais ces quantités sont encore bien au-dessous de celles qui sont nécessaires à la plupart de nos récoltes agricoles, et la plus grande partie de cet acide phosphorique retourne

(1) P.-P. Dehérain, ouv. cité.

(2) *Statique chimique des forêts,* d'après Ebermayer, par M. Grandeau.

immédiatement au sol et enrichit sa couche supérieure. Grâce à cet enrichissement, on peut, après avoir fait une coupe et enlevé le bois de vente, y cultiver pendant quelques années du sarrasin, du seigle, etc., et puis laisser la forêt se reproduire; c'est ce qu'on a appelé le système d'agriculture semi-forestier.

Dans les pays où les bois abondent, les cultivateurs vont y ramasser des feuilles mortes pour en faire de la litière et augmenter ainsi le dosage en acide phosphorique et en azote de leurs champs. Ils enrichissent ces champs aux dépens des forêts ; c'est une pratique que l'on trouve souvent dans les terres pauvres en acide phosphorique (1).

Comment le phosphate de chaux se trouve-t-il disséminé dans toutes les terres arables? quel est le mécanisme de son transport? C'est ce qui est encore mal connu, bien qu'on puisse supposer, suivant M. Dehérain, que sa solubilité dans l'eau chargée d'acide carbonique l'ait amené dans les eaux qui ont recouvert une partie de l'Europe, au moment du dernier cataclysme qui a déterminé le creusement des vallées.

Nous aurons à revenir longuement sur le rôle de l'acide phosphorique dans la végétation, en parlant des engrais; c'est dire que ce corps joue en agriculture un rôle de première importance; aussi, quelques auteurs se sont-ils basés sur la teneur en acide phosphorique des terres arables pour les classer, établissant ainsi une classification chimique.

L'acide phosphorique et la potasse sont nécessaires partout, fait remarquer M. Paul de Gasparin. Mais la potasse existe naturellement en provision suffisante dans la plupart des terrains, tandis que le phénomène inverse est vrai pour l'acide phosphorique. Enfin, les substances

(1) E. Risler et Colomb-Pradel, *loc. cit.*, p. 39 et suiv.

quaternaires azotées, malgré leur énorme importance, sont fournies annuellement par voie d'importation. Il est donc évident qu'une cl ssification divitiale, s'il est permis de s'exprimer ainsi, doit être ordonnée d'après le dosage de l'acide phosphorique :

1° Terrain très riche, quand il contient plus de deux millièmes d'acide phosphorique ;

2° Terrain riche, quand il contient d'un à deux millièmes ;

3° Terrain moyennement riche, quand il contient d'un demi-millième à un millième ;

4° Terrain pauvre, quand il contient moins d'un demi-millième.

On pourrait sans doute subdiviser ces classes en espèces, d'après le dosage de la potasse ; mais il est facile de voir qu'un simple tableau d'analyses bien faites, ordonnées d'après le dosage en acide phosphorique, vaudra mieux que toutes les classifications systématiques ; car il apprendra en un seul coup d'œil toutes les qualités physiques et alimentaires (1).

En raison de son importance, il est souvent utile de déterminer la quantité d'acide phosphorique contenue dans une terre ; malheureusement, les procédés de dosage laissent encore à désirer pour la facilité et la durée des opérations ; toutefois, M. P. de Gasparin a donné une méthode assez simple.

« Je me suis appliqué, dans ces derniers temps, dit cet habile chimiste, à rendre la détermination de l'acide phosphorique, dans les sols arables, aussi facile et aussi rapide que celle de tous les autres éléments qui les composent ; j'y suis parvenu, comme pourront s'en assurer les ana-

(1) P. de Gasparin, *Traité de la détermination des terres arables*, p. 208 et suiv.

lystes qui voudront bien suivre la méthode de manipulation que je soumets à l'Académie (1). »

Vingt grammes de terre, finement pulvérisée et passée au tamis de soie, sont placés dans une capsule de Bayeux et attaqués par l'acide chlorhydrique dilué au cinquième, tant qu'il y a effervescence. On ajoute à ce moment dans la capsule une eau régale contenant 3 parties d'acide chlorhydrique pour 1 partie d'acide azotique à la dose de 20 centimètres cubes.

On fait digérer au bain-marie jusqu'à ce que le liquide ait pris une consistance sirupeuse. On étend d'eau froide distillée, on filtre et on lave sur filtre à l'eau bouillante.

Dans le liquide de filtration, on précipite par l'ammoniaque caustique en excès. Le précipité recueilli et séché est pulvérisé et calciné au rouge-cerise dans une capsule en platine (il est préférable de ne le pulvériser qu'après cette calcination). On le reprend alors par de l'acide azotique très dilué (au quarantième) et, après digestion à froid, on filtre.

Le liquide de filtration, débarrassé de la chaux, du fer, de la silice, par les opérations précédentes, contient l'acide phosphorique en totalité. On cohobe ce liquide au bain-marie, pour l'amener au volume convenable à la précipitation molybdique : le précipité de phospho-molybdate d'ammoniaque, n'étant pas souillé par un liquide chargé de sels de fer, d'alumine et de chaux et étant absolument purgé de silice, peut, après un seul lavage, être repris par l'ammoniaque, pour y précipiter l'acide phosphorique à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

Aussi la détermination se trouve ramenée aux opérations les plus élémentaires du laboratoire, et j'ajouterai, à titre de renseignement, que mes essais m'ont toujours

(1) Communication faite à l'Académie des sciences, 1883.

donné un dosage supérieur à celui de l'ancienne méthode, qui entraînait des pertes : l'acide phosphorique, après la cohobation du dernier liquide, se trouve en entier à l'état tribasique, ce qui me donne la conviction que la calcination, avec un excès de sesquioxyde de fer et d'alumine, en un mot avec un excès d'une base quelconque, alcaline, alcalino-terreuse, terreuse, suffit à amener l'acide phosphorique à la forme tribasique; car je ne peux attribuer uniquement à une cohobation acide, de peu de durée, l'intégrité de l'état tribasique de l'acide phosphorique.

La potasse existe dans les terres, sous deux états bien distincts : 1° à l'état de nitrates, de carbonates et de chlorhydrates de potasse, solubles; 2° à l'état de silicate de potasse insoluble. Les proportions relatives de potasse sous ces deux formes ont une grande importance, comme le montrent les chiffres suivants, empruntés aux analyses de MM. Boussingault, Liebig et Dehérain :

Quantité de potasse *totale* contenue dans un hectare.		Quantité de potasse *soluble* contenue dans un hectare.	
Terre de Dalheim.....	76 760k	Terre de Liebfrauenberg	160k
Terre de Burghornheim	43 800	Terre noire de Russie...	312
Terre de Cartlow......	40 760	Terre de Grignon (5e div.)	2 200
Terre de Wollup......	63 000	Terre de Seine-et-Marne.	68

De récentes recherches, faites par M. Joulie, démontrent que c'est très souvent à l'insuffisance de la potasse qu'il faut attribuer les mauvaises récoltes de céréales que l'on obtient sur certains défrichements de mauvaises prairies. Ayant analysé une des terres des environs de Chantilly (Oise), il y trouva :

	Dans 100 kil.	A l'hectare pour 0m,20 d'épaisseur.
Azote....................	1 007gr	40 280k
Acide phosphorique......	0 093	3 720
Chaux....................	32 583	1 303 320
Magnésie................	0 731	29 240
Potasse..................	0 022	800

Ces chiffres ne laissaient place à aucun doute. On étai en présence d'une terre tout à fait épuisée de potasse et remarquablement riche de tous les autres éléments, surtout d'azote de chaux.

A la suite de cette analyse, M. Joulie conseilla le défrichement et l'emploi des engrais potassiques.

Or, avant l'emploi de la potasse, sur cette terre, la levée ne laissait rien à désirer et la récolte présentait une belle apparence pendant six semaines, puis la végétation s'arrêtait; les maïs, par exemple, jaunissaient et ne s'élevaient pas à plus de 1 mètre.

Après l'emploi des engrais potassiques à doses suffisantes, la transformation a été aussi complète que subite. Les maïs avaient 3 mètres de haut et rendaient entre 80 000 et 90 000 kilogrammes à l'hectare (1).

On admet, font observer MM. Fagot et Fiévet, que la potasse fait défaut dans les terrains calcaires de tous les pays, et qu'elle est en quantité relativement abondante dans les terrains argileux (2).

Dans ses admirables recherches sur l'absorption de la potasse par les différents sols, le docteur Vœlcker, opérant avec des dissolutions de chlorure de potassium à titres variables sur huit sols différents, est arrivé aux résultats suivants :

(1) M. Joulie, *la Production fourragère par les engrais*, 1 vol. in-8°.
(2) *Guide élémentaire pour l'emploi des engrais chimiques.*

ABSORPTION DE LA POTASSE (CHLORURE DE POTASSIUM).

Tableau XII.

	SOL calcaire.	SOL argileux.	LOAM léger.	TERRE de prairie.	ARGILES calcaires de Girencester.		SOL sableux.	SOL marneux.
	1	2 et 3	4	5	8	9	7	6
1 000 parties de dissolution titraient en chlorure de potassium, avant le contact avec le sol....	1 889	1 889	1 889	1 889	6 617	6617	18 664	18 664
Après le contact avec le sol	1 179	1 102	1 445	1 144	2 601	1 145	15 763	11 082
Perte....	0 710	0 787	0 444	0 745	4 016	5 472	2 901	6 682
1 000 parties de dissolution titraient en potasse, avant le contact avec le sol.	1 191	1 191	1 191	1 191	4 174	4 174	11 776	11 776
Après le contact avec le sol	0 744	0 695	0 863	0 722	1 641	0 723	9 944	7 561
Perte....	0 447	0 496	0 328	0 469	2 533	3 451	1 832	4 215
1 000 parties de sol ont absorbé : Potasse......	3 578	3 97	2 626	3 758	5 066	6 903	1 465	3 373

Dans les quatre premiers essais opérés avec une dissolution titrant 1889 de chlorure de potassium égal à 1191 de potasse pour 1000, c'est le sol argileux (n°s 2 et 3) qui a absorbé le plus de potasse, et le loam léger (n° 4) qui en a absorbé le moins. Avec une dissolution plus forte, les argiles calcaires (n°s 8 et 9) ont retenu une proportion bien plus considérable de potasse. Enfin, avec la dissolution la plus forte, le sol sableux (n° 7) a montré le pouvoir absorbant le plus faible. Le chlore manquant dans le résidu d'évaporation de la liqueur filtrée n'a pas été retenu par le sol, mais s'est combiné avec l'ammoniaque et a été

volatilisé à l'état de chlorhydrate d'ammoniaque, tandis que la totalité de la potasse a été fixée.

Dans le dernier essai sur le sol marneux (n° 6), la potasse du chlorure décomposé a été retenue par le sol, et le chlore combiné avec le calcium a passé dans la liqueur filtrée (1).

En moyenne, les récoltes enlèvent au sol 50 kilogrammes de potasse par hectare et par an; toutefois les diverses plantes cultivées présentent sous ce rapport des différences assez notables. Ainsi, tandis qu'une récolte de froment de 3 000 kilogrammes de grain et 4 000 kilogrammes de paille enlève 36 kilogrammes de potasse par hectare, une récolte de 15 000 kilogrammes de pommes de terre en prélève 84 kilogrammes, et une récolte de 50 000 kilogrammes de betteraves en enlève 200 kilogrammes environ. Ajoutons que, le plus souvent, l'approvisionnement naturel du sol suffit pour fournir aux plantes la potasse qu'elles demandent; une terre contenant 1g,25 sur 1 000 grammes peut fournir de la potasse aux récoltes pendant une centaine d'années sans qu'il soit nécessaire d'ajouter aux engrais des sels potassiques. Nous avons vu que, pour les terres cultivées depuis très longtemps, et surtout sur les défrichements de vieilles prairies, il peut ne pas toujours en être ainsi.

Les forêts n'ont besoin que de 7 à 15 kilogrammes de potasse par an et par hectare, et elles peuvent encore prospérer, suivant la remarque de MM. Risler et Colomb Pradel, dans des terres qui en contiennent seulement de 0,1 à 0,4 pour 1 000, comme les sables des Landes, 0,24 pour 1 000, comme les sables du grès vosgien (analysés par M. Grandeau), ou 0,2 à 0,4, comme les terres des pinières de la Bavière (analysées par M. Schütze).

(1) Vœlcker, *Absorption of potash by soils of known composition*, 1864.

Donc le dosage de la potasse dans les terres peut présenter un certain intérêt, qui est, selon nous, trop souvent méconnu. Voici une méthode analytique très commode, qui, croyons-nous, doit être préférée ; elle envisage la potasse disponible.

On humecte d'eau 20 grammes de terre ; ceux-ci sont traités dans une capsule de porcelaine par de l'acide sulfurique assez concentré, préparé avec 1 partie en volume d'acide pur et 2 parties d'eau ; par la dessiccation au bain de sable, l'acide, ayant été employé en léger excès, se concentre et carbonise les matières organiques ; pour les terres non calcaires, la quantité est moins considérable.

Le résidu, brun ou noirâtre, est mis en contact avec de l'eau ; on porte à l'ébullition et on filtre. Dans la liqueur filtrée, on verse de l'eau de baryte en excès ; on constate que ce réactif a été employé en quantité suffisante, en ajoutant à cette liqueur quelques gouttes d'eau de baryte qui ne doit plus produire de trouble ; on concentre de manière à chasser l'ammoniaque et à suroxyder le fer ; puis on sépare, au moyen de l'acide carbonique, l'excès de baryte ; la liqueur est concentrée de nouveau, filtrée pour séparer le carbonate de baryte dissous à la faveur de l'acide carbonique et évaporée à siccité après avoir été neutralisée par l'acide chlorhydrique ; le résidu est calciné et pesé ; il contient sous forme de chlorure les deux métaux alcalins : le potassium et le sodium, contenus dans les 20 grammes de terre. Les autres corps ont été éliminés par les traitements qui viennent d'être indiqués.

Le mélange des deux chlorures est redissous dans une petite quantité d'eau ; on ajoute à la dissolution le chlorure de platine et on procède à la pesée du chloro-platinate de potasse.

Pour doser la potasse non assimilable des sols arables, on procède de la manière suivante :

La terre, préalablement calcinée, est mélangée avec six fois son poids de carbonate de baryte pur ; ce sel a été préparé au moyen du chlorure de baryum et du carbonate d'ammoniaque. Le mélange est chauffé à une haute température dans un creuset de platine, puis décomposé dans une capsule de porcelaine par l'acide chlorhydrique, de manière à séparer la silice. De la liqueur filtrée, on précipite la baryte par l'acide sulfurique employé en léger excès ; on ajoute ensuite de l'eau de baryte également en excès ; après filtration, on fait passer dans la liqueur alcaline un courant d'acide carbonique et on dose la potasse à l'état de chloro-platinate, en suivant les prescriptions indiquées ci-dessus. On obtient ainsi la totalité de la potasse contenue dans la terre ; en déduisant la quantité assimilable qui a été fournie par une analyse antérieure, on obtient celle qui existe à l'état latent (1).

La chaux est le quatrième élément essentiel de la terre arable ; elle agit chimiquement, en ce sens qu'elle sert d'aliment aux plantes ; mais elle agit aussi mécaniquement, ainsi que nous l'avons déjà constaté. Ce que nous avons dit au sujet du carbonate de chaux, ce que nous aurons encore à en dire en traitant des amendements, nous permet d'être bref.

Les terrains anciens et les alluvions qui en proviennent sont souvent dépourvus de chaux ; il peut arriver aussi que des sols fortement calcinés, situés sur des pentes surmontées par des cimes boisées ou herbeuses, d'où découlent des eaux fortement imprégnées d'acide carbonique, sont dépouillés progressivement de leur carbonate de chaux par ces lavages qui rendent cette substance soluble. On a des exemples remarquables de ce phénomène autour de la Grande Chartreuse de Grenoble, où des terrains for-

(1) E. Péligot, *Traité de chimie analytique appliquée à l'agriculture*, p. 172 et suiv.

més de débris de roches calcaires siliceuses ont fini par ne plus contenir que de la silice et de l'argile.

« Cependant, nous ne sachions pas, dit M. de Gasparin, que l'on eût trouvé une plante complètement dépourvue de chaux, même quand elle avait crû sur le terrain qui n'en présentait pas trace. Alors, on attribuait sa présence aux poussières répandues dans l'air avant qu'on l'eût reconnue dans les eaux de pluie; mais M. Isidore Pierre, ayant trouvé 26 kilogrammes de chaux dans celles qu'il a recueillies à Caen, cette quantité se trouve suffisante pour que les plantes ne soient pas privées de cette substance, si elle est insuffisante pour procurer de bonnes récoltes qui en absorbent des doses considérables (1). »

Tel est le résumé de nos connaissances en ce qui concerne les quatre éléments chimiques du sol : l'azote, l'acide phosphorique, la potasse et la chaux, en dehors desquels aucune végétation n'est possible. C'est sur ces quatre substances que l'attention de l'agriculteur doit se concentrer; on doit toujours les trouver dans la terre arable, et, tandis que les récoltes les lui enlèvent, il faut absolument les restituer au moyen des engrais.

Les autres éléments chimiques du sol ont une importance bien moins considérable, en ce sens que quelques-uns s'y trouvent en quantités pour ainsi dire inépuisables, et que d'autres ne sont pas le moins du monde indispensables à la nutrition des plantes.

La soude, par exemple, ne semble nullement nécessaire aux végétaux et ne peut pas servir à remplacer la potasse; elle peut donc manquer dans un sol sans que celui-ci perde de sa valeur. En effet, on ne trouve guère cette base que dans les cendres de quelques plantes, telles que la betterave, les épinards et la canne à sucre, parmi

(1) Le C[te] de Gasparin, *Principes de l'agronomie*, p. 105 et suiv.

les plantes cultivées. Ceci nous amène à dire un mot sur la présence du chlorure de sodium ou sel marin dans la terre arable et de son rôle.

La présence de ce corps dans le sol a donné lieu à de nombreuses controverses; toutefois, il semble aujourd'hui démontré que, lorsqu'on l'y trouve en faibles proportions, il est indifférent, ou plutôt utile; mais, dès que sa teneur dépasse 2 ou 3 pour 100, le sol devient stérile ou à peu près; c'est le cas des *terrains salés*.

Toutefois, cette action stérilisante du sel marin a trouvé son emploi pour la destruction de l'herbe dans les allées des jardins; on emploie alors le sel à la dose de 1 litre par 4 ou 5 mètres carrés. Cette opération, renouvelée tous les ans ou tous les deux ans, détruit complètement l'herbe partout où on peut l'employer : allées, grandes surfaces, cours sablées, etc. « Le renouvellement de l'opération, fait remarquer M. J. Batise, est subordonné à l'action des pluies comme lavage, et aux apports de terre ou de poussière dans laquelle l'herbe peut encore germer et végéter; ce qui est, du reste, rare dans les propriétés où le procédé est employé depuis assez longtemps (1). »

M. Baboud a fait avec le sel marin un essai fort intéressant; ayant répandu cette substance à raison de 500 kilogrammes sur une surface de 15 ares, occupée par des pommiers et des poiriers, dont la vigueur laissait à désirer, il remarqua une recrudescence de végétation; mais, en même temps, il produisit un effet tout particulier : malgré les binages fréquents, le terrain devint blanchâtre et se durcit au point de ne pouvoir être entamé qu'avec le pic.

(1) Le gouvernement accorde à l'agriculture la faculté de se procurer dans certains dépôts, et avec quelques formalités faciles à remplir, des sels à prix réduits (moins de 5 francs par 100 kilogrammes).

Depuis, le terrain a été nivelé et retourné plusieurs fois, mais il est resté le même ; les eaux le couvrent lorsque les pluies sont un peu abondantes et il faut longtemps pour que le soleil et l'air les fasse disparaître par évaporation. La cause de ce fait curieux doit-elle être attribuée à la quantité du sel employé ou à la nature du terrain lui-même? Quoi qu'il en soit, il est essentiel d'ajouter que le terrain où ce fait s'est produit est de nature légère et sablonneuse, et que d'autres parcelles argilo-calcaires, traitées de la même façon, n'ont pas donné les mêmes résultats.

Or, le durcissement de la terre en question est tout simplement un phénomène physique dû à la coagulation de l'argile du sol, lorsqu'on y a ajouté du sel marin ; il faut, alors, pour que cette terre reprenne son état primitif, que le sel ajouté disparaisse, entraîné par les eaux pluviales, et, malheureusement, ce temps est quelquefois très long, le sel se trouvant fortement retenu par l'argile. En chimie, nous connaissons ce phénomène, et lorsque, dans une analyse de terre, nous voulons lessiver cette terre, nous ajoutons du chlorure de calcium qui coagule l'argile et l'empêche de passer à travers les pores du papier.

Remarquons toutefois que la question ne semble pas tout à fait résolue.

Le sel qui a suffi à modifier le sol et à le rendre presque incultivable ne l'a pourtant pas stérilisé, puisque, au contraire, on a constaté « une recrudescence dans la végétation ». Nous sommes donc ici en présence de deux actions contraires, produites par la même cause : le sel; d'un côté, la stérilisation du sol, c'est-à-dire la destruction des herbes, et, de l'autre, une recrudescence de la végétation (1).

(1) E.-A. Carrière, *Revue horticole*, 1887.

Le fer se rencontre dans la plupart des terres arables, puisque c'est lui qui leur donne cette coloration brune ou rougeâtre que nous leur connaissons; il s'y trouve alors sous forme d'oxyde. Le fer est un agent actif de la formation de la chlorophylle; la chlorose dont souffrent certaines plantes, font observer MM. Müntz et Ch. Girard, est souvent due à son absence. M. de Gasparin a remarqué que sur les sols où cet élément fait défaut, on trouve un grand nombre de variétés blanches de fleurs naturellement rouges; il a remarqué, en outre, que le vin produit sur ces sols contient moins d'alcool, qu'il est plus pâle et se conserve moins bien que celui que fournissent les terrains ferrugineux.

L'oxyde de fer semble donc jouer un certain rôle dans la vie des plantes; cependant, il est à remarquer qu'on ne le trouve qu'en très faibles quantités dans les cendres des végétaux; rarement il forme plus de 1/2 à 1 et demi pour 100 du poids total de la cendre. C'est surtout dans les graines que le fer se localise; c'est ainsi qu'on le rencontre dans les graines de froment et de seigle; on a calculé que les céréales apportent à l'économie animale environ 10 centigrammes de fer par kilogramme de pain ingéré.

Le sulfate de fer se rencontre assez rarement dans les terres; d'ailleurs, pour peu qu'il s'y trouve en proportions notables, il stérilise les sols. Mais, à faibles doses, ce sel, ainsi qu'il résulte d'expériences récentes, semble avoir des effets plutôt favorables.

A la dose de 65 kilogrammes à l'hectare, le sulfate de fer ajouté au sel a donné les résultats suivants, d'après M. Marguerite (1) :

1° Accroissement des récoltes dans les proportions ci-

(1) *Journal de l'agriculture*, nos 944 à 949, mai et juin 1887.

contre : blé, 6 pour 100 ; betteraves, 23 pour 100 ; pommes de terre, 40 pour 100 ; fèves, 71 pour 100 ; prairies, 99 pour 100 ;

2° Absorption par les plantes en général d'une plus grande quantité d'oxyde de fer, assimilation d'une plus forte proportion d'acide phosphorique et, en même temps, diminution de potasse assimilée.

Le manganèse, sous forme d'oxyde ou de carbonate, se rencontre dans presque toutes les terres ; comme l'oxyde de fer, l'oxyde de manganèse les colore en brun, plus ou moins foncé ; d'ailleurs, cette substance a été trouvée dans les cendres des végétaux. C'est ainsi que dans le blé on trouve du manganèse (dans le gluten). D'après M. Maumené, le seigle, et surtout l'ergot de seigle, en renferme d'assez fortes proportions ; on en trouve également dans l'asperge, principalement dans la partie verte. Le café contient des quantités notables de manganèse, même en infusion. Le thé est le végétal qui renferme le plus de manganèse ; cependant, c'est le tabac qui en renferme les plus fortes proportions. L'homme qui mange 1 kilogramme de blé absorbe 20 centigrammes de manganèse métallique, lequel est éliminé, chaque jour, par la sueur, l'urine et l'excrément intestinal (1).

La magnésie se trouve en petite quantité dans la terre végétale. Elle accompagne fréquemment la chaux à l'état de carbonate. On a peut-être trop négligé l'étude de cette base au point de vue agricole. Très souvent, en effet, l'adjonction au sol d'engrais magnésiens donne un notable excédent de récolte, notamment sur les pommes de terre.

On trouve le soufre dans quelques végétaux, notamment dans les crucifères ; il y pénètre sous forme d'acide sulfurique, qu'on rencontre dans le sol, sous forme de

(1) Maumené, *Bulletin de la Société chimique*, 1884

sulfate de potasse, de magnésie, d'ammoniaque et de chaux.

Le sulfate de chaux ou plâtre se trouve même en assez grande abondance dans quelques sols; dans ce cas, les terres sont sèches et peu cohérentes; aussi, lorsqu'elles sont situées dans les régions méridionales et sèches, ces terres sont-elles improductives, à moins qu'elles ne soient arrosées.

Il peut arriver que dans le sein de la terre le sulfate de chaux subisse une réaction qui le change en sulfure de calcium; ceci se produit lorsque, soustrait à l'influence de l'air, il est en présence de l'humidité et de matières organiques; il devient alors nuisible à la végétation.

Comme on le voit, tandis que l'insuffisance de potasse, de chaux, d'acide phosphorique ou d'azote, peut rendre un sol stérile ou tout au moins improductif, cette stérilité peut encore être due à la nature physique ou mécanique du sol, mais elle peut encore avoir pour cause l'excès d'un ou de plusieurs éléments utiles. Ceci nous amène à dire un mot des causes de stérilité des terres.

Ainsi, beaucoup de sols pèchent par l'insuffisance de potasse, comme nous l'avons déjà vu. D'une manière générale, les sols sableux y sont exposés plutôt que les sols argileux; cependant, il est des sols argileux qui sont dans le même cas, comme le montrent les numéros 9 et 10 du tableau ci-après, que nous empruntons à Vœlcker.

Le défaut d'acide phosphorique dans une terre est une cause fréquente de stérilité, et ce défaut, comme le montrent les numéros 1, 6 et 7, peut exister dans des sols offrant un caractère diamétralement opposé en ce qui concerne les propriétés physiques.

Les opérations culturales, si répandues, du chaulage et du marnage, dont nous aurons à parler ultérieurement, prouvent bien que l'insuffisance de chaux peut rendre les

terres improductives, et cela qu'elles soient de nature argileuse ou sablonneuse, peu importe ; les analyses des numéros 2, 8, 11 et 12 en fournissent des exemples :

L'excès de matières organiques, de sable, de chaux, d'alcali et même d'argile peut encore rendre les sols improductifs, comme le montre le tableau ci-après.

Chacun de ces éléments jouit de propriétés physiques et chimiques appropriées au développement des plantes, et leur mélange intime est une condition de fertilité. Aussi le sol n° 5 renferme de l'acide phosphorique, de la chaux en quantités convenables pour faire un sol fertile, mais il y a excès de sels, car il a une réaction alcaline et abandonne à l'eau 1/2 pour 100 de nitrate de potasse, de chlorure de sodium, de carbonate de potasse et de soude.

Enfin, comme nous l'avons déjà dit, la présence du sulfate de fer, même à la dose de 1/2 à 1 pour 100, rend le sol stérile, ainsi que le démontrent ces deux analyses :

	Sol du lac de Haarlem.	Sol de Sandy (Bedford).
Matière organique et eau combinée..	14,71	4,27
Oxyde de fer et d'alumine...........	9,27	3,84
Sulfate de protoxyde de fer..........	0,74	1,05
Bisulfure de fer.....................	0,71	0,56
Acide phosphorique.................	0,27	0,09
Acide sulfurique.....................	1,08	»
Sulfate de chaux....................	1,72	0,85
Magnésie.............................	0,73	0,96
Potasse..............................	0,53 }	0,47
Soude................................	0,32 }	
Chlorure de sodium.................	0,09	»
Matière siliceuse insoluble..........	69,83	87,91
	100,00	100,00

Il semble y avoir ici contradiction avec ce que nous avons dit plus haut concernant les expériences de M. Marguerite, mais cette contradiction n'est qu'apparente, car la question de *quantité* l'explique aisément.

ANALYSES DE SOLS IMPRODUCTIFS PAR DÉFAUT D'UN OU DE PLUSIEURS ÉLÉMENTS (Dr A. VŒLCKER).

Tableau XIII.

	SOLS SABLONNEUX					SOLS ARGILEUX					SOL de pâturage (Somerset)	SOL de tourbe (Kenmoor).
	a.	(Kent).	à lupin (Oxon).	léger.	pauvre.	a.	b.	Demerara.	compact.	à houblon (Kent).		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eau	»	»	0,96 [1]	»	4,78	10,06	12,37	7,03	4,01	»	»	»
Matière organique et eau	3,02	3,62	1,46	6,92	1,03	7,69	8,07	12,58	8,51	4,07 [2]	16,80	55,32
Oxyde de fer et alumine	4,34	7,50	1,84	6,43	1,72	13,36	14,45	11,10	11,24	5,39	16,08	13,08
Acide phosphorique	0,07	0,13	0,17	0,11	0,04	0,04	0,01	0,48	0,06	0,26	»	0,06
Acide sulfurique	»	»	»	»	0,12	»	»	0,11	0,19	Traces.	»	1,20
Chaux	»	0,43	»	0,65	0,19	»	»	0,13	»	»	0,75	0,97
Sulfate de chaux	0,10	»	0,04	»		0,17	0,14	»	»	»	»	»
Carbonate de chaux	0,17	»	0,23	»	Traces.	0,24	»	»	»	4,32	»	»
Magnésie	0,41	0,49	0,24	0,39	0,10	0,46	0,37	0,33	0,46	0,53	1,56	0,54
Potasse et soude	0,26	0,48	0,12	0,33	0,23	1,65	1,21	0,52	0,45	0,38	0,45	1,02
Matières siliceuses insolubles	91,63	87,35	95,01 [3]	85,17 [4]	91,79 [5]	60,33	63,38	67,72	75,08 [6]	85,25	64,36	27,81
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

(1) Renfermant : azote, 0,075 = ammoniaque, 0,091.
(2) — azote, 0,18 = ammoniaque, 0,21.
(3) Composées principalement de sable fin quartzeux.
(4) Composées principalement de sable.
(5) Renfermant 89,32 de silice et pas de chaux.
(6) Composées principalement d'argile.

ANALYSES DE SOLS IMPRODUCTIFS PAR EXCÈS D'UN OU DE PLUSIEURS ÉLÉMENTS UTILES (VŒLCKER).

Tableau XIV.

	SOL calcaire. 1	SOL sablonneux. 2	SOL argileux 3	SOL tourbeux 4	SOL stérile de Californie. 5
Eau................	»	2,65	»	»	»
Matière organique et eau..............	»	4,56	7,94	49,07	3,19[1]
Oxyde de fer........ Alumine............	0,780	5,93	10,95	10,88	4,48 4,54
Acide phosphorique.	0,242	»	0,10	0,06	0,19
Acide sulfurique....	1,546	»	0,30	1,04	Traces.
Carbonate de chaux..	73,807	0,39	0,86	2,29	2,58
Magnésie...........	0,825	»	0,26	0,75	1,50
Potasse........... Soude..............	Traces.	0,28	0,39	0,90	0,81 0,58
Nitrate de potasse...	»	»	»	»	0,17[2]
Chlorure de sodium.	»	»	»	»	0,04[3]
Silice...............	16,710	86,19	»	»	»
Matière insoluble siliceuse.............	6,090	»	79,20	35,01	81,92
	100,000	100,00	100,00	100,00	100,00[4]

(1) Renfermant : azote, 0,09, ou ammoniaque, 0,11.
(2) — acide nitrique, 0,09.
(3) — chlore, 0,02.
(4) Matière minérale soluble dans l'eau, 0,40.

Nous avons étudié, jusqu'à présent, les matériaux solides de la terre arable; nous verrons, plus tard, que ces diverses substances, pour être absorbées par les plantes, doivent être dissoutes dans l'eau, et nous étudierons l'eau des terres arables dans le chapitre suivant.

Il nous reste maintenant à dire quelques mots sur les gaz qui se trouvent confinés dans les sols, leur nature, leur composition et leur rôle physique et chimique.

Les terres, étant continuellement en contact avec l'atmosphère, condensent de l'air dans leurs pores. Cet air n'a pas la même composition que l'air atmosphérique; il est notablement plus riche en acide carbonique. Voici, à ce sujet, les résultats d'analyses obtenus par MM. Boussingault et Lewy (1) sur diverses terres :

Outre cet excès d'acide carbonique, on trouve encore dans l'air confiné de la terre arable un supplément d'azote; par contre, il y a une diminution dans la proportion d'oxygène. Voici, d'ailleurs, la composition centésimale en volume de l'air confiné :

	1re expér.	2e expér.
Acide carbonique	9,74	7,77
Oxygène	10,35	12,37
Azote	79,91	79,86

Tableau XV.

TERRES.	ACIDE CARBONIQUE dans 100 d'air		AIR confiné dans un hect.	ACIDE carboniq. par hectare.
	En volume.	En poids.		
			m. c.	m. c.
Champ récemment fumé..	2,21	3,33	824	18
— après une pluie..	9,74	14,13	824	80
— de carottes......	0,98	1,49	813	8
Vigne	0,96	1,46	988	10
Forêt de Gœrsdorff.....	0,86	1,30	412	4
Loam, sous-sol de la forêt	0,82	1,24	247	2
Sable —	0,24	0,38	309	1
Champ d'asperges anciennement fumé..........	0,79	1,22	782	6
Champ d'asperges récemment fumé............	1,54	2,33	782	12
Sol très riche en humus..	3,64	5,43	1,472	54
Champ de bettraves	0,87	1,31	824	7
— de luzerne........	0,80	1,22	772	6
— de topinambours..	0,66	1,01	721	5
Prairie	1,79	2,71	566	10

(1) Boussingault et Lewy, *Annales de chimie et de physique*, t. XXXVII.

MM. Audoynaud et Chauzit, dans une série de recherches du même genre, sont arrivés à des résultats semblables. D'après eux, l'air confiné dans les couches profondes de la terre est très riche en azote ; en second lieu, l'oxygène, qui fait défaut, comme dans les expériences de MM. Boussingault et Lewy, ne doit pas seulement sa diminution aux combustions produites, mais très probablement aussi à la difficulté qu'il éprouve à traverser les parties argileuses et mouillées du sol (1).

Dans les expériences de MM. Audoynaud et Chauzit, l'acide carbonique était en faibles proportions. Voici les chiffres qu'ils ont trouvés :

	1er dosage.	2e dosage.	3e dosage.
Acide carbonique........	4,5 0/0	1,65 0/0	3,4 0/0
Oxygène................	8,9	11,59	10,3
Azote.................	86,6	86,79	86,3

L'analyse micrographique du sol y a décelé la présence d'un certain nombre d'organismes inférieurs, dont le rôle semble être de première importance, ainsi que nous l'avons vu en ce qui concerne la nitrification. Tout récemment, M. Adametz (2) a publié sur ce sujet un travail très intéressant :

Ayant recueilli des échantillons de deux terres, l'une argileuse, l'autre siliceuse, ceux-ci ont été enfermés dans des vases stérilisés; les vases, bouchés avec du coton stérilisé, ont été conservés dans une chambre non chauffée. On a examiné les échantillons au microscope pour soumettre les organismes à des cultures pures. Les deux terres renfermaient à peu près les mêmes espèces, quelle

(1) Audoynaud et Chauzit, *Du passage de l'eau et de l'air dans la terre arable* (*Annales agronomiques*, t. V).

(2) *Untersuch. über die niederen Pilze der Ackerkrume*. In-8°. Leipzig, 1886 (*Bot. Centralbl.*, XXXIX, p. 36).

que fût la profondeur à laquelle les échantillons ont été prélevés.

Les bactéries sont : *Micrococcus candidus*, *M. luteus*, *M. aurantiacus*, *Diplococcus luteus*, *Bacterium lineola*, *B. termo*, *Bacillus subtilis*, *B. butyricus*, *Vibrio Rugula*, deux nouvelles espèces de *Bacterium*, dont une produit une matière bleu verdâtre fluorescente, et enfin un nouveau *bacillus*. Le nombre des bactéries contenues dans un gramme de terre varie entre 100 000 et 150 000.

La propriété foncière. — Ayant examiné la terre au point de vue agronomique, avec tous les détails que comporte cet important sujet, nous devons maintenant dire tout au moins quelques mots de son rôle économique.

Et tout d'abord, qu'est-ce qui fait la valeur vénale d'une terre? La question est complexe, et plusieurs considérations peuvent être invoquées : 1° les considérations économiques ; 2° la nature physique du sol ; 3° sa composition chimique ; 4° les aptitudes culturales.

Les considérations économiques sont nécessairement variables et variées ; ce sont : d'abord la richesse locale; on sait que, tant que l'intérêt de l'argent est élevé au-dessus de celui que procurent les terres, il est consacré aux spéculations commerciales et industrielles ; mais, comme le fait remarquer le comte de Gasparin, dès qu'il tombe au même niveau, dès que son abondance le rend d'un placement difficile dans l'industrie, alors la valeur des terres augmente dans un rayon plus ou moins étendu, proportionné à la masse des capitaux disponibles, et les sommes employées à cet achat tendent à diminuer en faisant remonter l'intérêt de l'argent. Nous conclurons donc que les terres augmentent de valeur toutes les fois que les capitaux excèdent les besoins du commerce, et que l'intérêt des capitaux mobiliers se rapproche toujours de celui des capitaux immobiliers, augmenté de la prime d'assurance

qui représente l'état de sécurité relatif de ces deux placements. Vient ensuite l'état des communications, la distance des marchés ; ainsi il peut arriver qu'une bonne terre se trouve à une telle distance de tout marché que toute agriculture nécessitant des transports devient onéreuse. Ramon de la Sagra nous en donne un exemple en parlant de l'agriculture de l'île de Cuba : « Un grand obstacle aux progrès de l'agriculture dans cette île, dit-il, vient de la rareté des chemins et du mauvais état de ceux qui existent. Beaucoup de proprétaires sont obligés de renoncer aux riches cultures et de se borner à celles des vignes, du maïs et des autres vivres consommés sur place, parce que les frais de transport augmentent le prix de leurs produits, de telle sorte qu'il est impossible de les vendre au marché.» Toutefois cette dernière circonstance économique devient négligeable avec toutes les voies de communication actuellement existantes.

En résumé, les circonstances économiques influent sur la valeur des terres agricoles, mais encore faut-il que ces terres soient assez *fertiles* pour donner des produits abondants et de bonne qualité. La terre ayant le plus de valeur, dans un lieu donné, est celle qui produira le maximum comme qualité et comme quantité, et dont les produits pourront être le plus facilement écoulés. Cette faculté que possède le sol de produire en abondance, ou cette *fécondité*, est le résultat de deux facteurs, l'un, la *puissance* du sol, ou la faculté actuelle qu'il a de mettre en action les principes nutritifs qu'on peut lui fournir ; l'autre, la *richesse*, ou l'ensemble des principes nutritifs, naturels ou artificiels, contenus dans le sol.

Le service productif de la terre est le premier fondement du profit qu'on en tire ; cette proposition est établie par les divers bénéfices que donnent certains terrains, suivant leur nature, leur degré de fertilité et les qualités qui

les distinguent. Chaque arpent d'un vignoble réputé rapporte dix fois, cent fois l'équivalent d'un arpent de terrain médiocre, et, la preuve que c'est la qualité du sol qui est la source principale du revenu, c'est que les capitaux et les travaux employés dans une entreprise identique, mais sur un sol plus ingrat, ne donnent pas la même production, les mêmes profits. Il y a donc lieu de reconnaître que la situation topographique du sol, sa composition, sont des éléments nécessaires, principaux même, pour une riche production (1).

Pour M. le docteur Sacc, la meilleure terre, dans toutes les conditions possibles, sera celle qui donnera sans irrigation le plus d'herbe de bonne qualité. Celles de première classe donnent 16000 kilogrammes de foin par hectare ; celles de seconde classe en donnent 4000 kilogrammes, et celles de troisième, 2000 kilogrammes. Le foin de cette estimation est de première qualité, c'est-à-dire qu'il en faut 300 kilogrammes pour équivaloir 100 kilogrammes de seigle en grain.

Si l'auteur a choisi le foin des prairies naturelles pour apprécier la valeur d'une terre, c'est que c'est celui des produits du sol qui varie le moins sous l'influence de diverses circonstances, et le seul qui soit en rapport direct avec la richesse. En effet, une terre trop riche ne donnera pas plus de froment qu'une terre trop pauvre; dans les deux cas, le grain ne peut se développer, tandis que, dans les deux cas, on obtiendra du foin qui, peu abondant dans les terres pauvres, donne des produits vraiment fabuleux dans celles qui sont très riches. Une gelée blanche détruit le maïs ; une pluie sur la fleur enlève la récolte du colza ; le vent empêche la fructification des céréales. Rien de semblable n'est à craindre avec l'herbe, qui est aussi le

(1) Eugène Petit, *Économie rurale et agricole*, p. 53.

point de comparaison le plus rationnel que l'on puisse choisir pour contrôler le rapport de toutes les autres plantes cultivées.

En comparant un bon terrain avec ce qu'il coûte, dit M. Petit, on pourrait croire qu'il ne rapporte pas plus qu'un mauvais ; en effet, un arpent dont on retire 100 francs et qui coûte d'achat 3000 francs, ne rapporte pas plus qu'un arpent dont on retire seulement 10 francs et qui ne coûte que 300 francs. Dans l'un et l'autre cas, la terre rend à son propriétaire, chaque année, le trentième de sa valeur. Mais qui ne voit que c'est le produit annuel qui a élevé la valeur du fonds ? Et au prix de quels efforts et de quels sacrifices d'argent est-on parvenu à lui donner cette plus-value ? La valeur du produit comparé avec le prix d'achat fait la *rente de la terre*, et la rente d'une bonne terre peut n'être pas supérieure à la rente d'une terre médiocre, tandis que la valeur du *produit foncier* est la valeur du produit annuel comparé avec l'étendue du terrain. C'est seulement sous ce rapport que le profit sur un arpent de bon terrain peut être cent fois supérieur à celui d'un mauvais.

Il y a en France, fait remarquer M. C. Lecouteux, des terres à 100 francs l'hectare et d'autres terres à 3000, 10 000, 20 000, 50 000 francs l'hectare, selon que ces terres peuvent être exploitées en grande culture à la charrue, en bois, en vignes, en prairies, en culture maraîchère, en petite culture de haute main-d'œuvre. Partout, la valeur des terrains agricoles dépend du parti que la masse des cultivateurs sait et peut en tirer ; mais il demeure établi, que, de leur côté, les acheteurs et vendeurs, les loueurs et locataires de terres sont partout et toujours dominés par la loi économique qui résulte de l'impossibilité de multiplier les hectares de terre, comme on multiplie les capitaux. Dans chaque région, dans cha-

que pays, il n'y a constamment qu'une même quantité de terre, et, dès lors, selon que la richesse locale augmente, selon que la terre est demandée par un plus grand nombre d'enchérisseurs qui peuvent se faire concurrence, il est dans la force des choses que le prix de la terre augmente en proportion d'une demande qui répond à une offre que rien ne peut accroître. Réciproquement, les valeurs foncières s'abaissent lorsque le nombre des demandeurs diminue (1).

Les terres arables occupent, en France, à peu près la moitié du territoire. Les terres de notre pays peuvent se répartir ainsi, d'après l'enquête de 1879-1881:

	Milliers d'hectares.
1° Terrains de qualité supérieure	696
2° Terrains labourables, sols, bâtis	26 174
3° Prés et herbages	4 998
4° Vignes	2 320
5° Bois	8 397
6° Landes, pâtis, terres vagues	6 747
7° Cultures diverses	703

Ces terres auraient ensemble une valeur de 91 584 millions de francs.

Les landes, pâtis, tourbières, paraissent destinés à augmenter notre domaine pastoral et forestier, mais un certain nombre prendront leur rang parmi nos terres labourables. Ces terres se vendent en Bretagne, Sologne, Berry, Gascogne, c'est-à-dire dans la région des ajoncs, sur le pied de 100 à 1 000 francs l'hectare, selon qu'elles sont plus ou moins argileuses, plus ou moins compactes, plus ou moins à portée des débouchés. Elles ont beaucoup gagné aux facilités données au transport des calcaires, des phosphates fossiles, des engrais de toutes sortes (2).

(1) E. Lecouteux, *Cours d'économie rurale professé à l'Institut agronomique.*

(2) Ed. Lecouteux, *Cours d'économie rurale*, t. I, p. 113.

La valeur de la propriété non bâtie, qui a subi, dans diverses parties de la France, de nombreuses vicissitudes, est fixée, suivant M. de Foville (1), à 1 700 francs l'hectare (1886). Elle était, d'après le même auteur, de 1830 francs en 1879, de 2000 francs en 1874, de 1275 francs en 1851. Toutefois ce sont là des moyennes.

Exploitations.	Nombres.	Proportion 0/0.
De moins de 5 hectares	1 815 558	56,29
De 5 à 10 hectares	619 843	19,19
De 10 à 20 —	363 769	11,28
De 20 à 30 —	176 744	5,49
De 30 à 40 —	95 736	2,98
De plus de 40 hectares	154 167	4,77
	3 225 877	100,00

Maintenant comment ces terres sont-elles exploitées? Par trois sortes d'exploitants : les propriétaires fonciers, les fermiers et les métayers.

Voici la répartition de ces trois modes de faire valoir :

	Nombre des exploitat. rural.	Étendue totale des exploitat.	Moyenne des exploitat.
		hect.	hect.
Faire valoir directement.	2 826 388	17 011 847	6,0
Fermage	831 943	11 959 354	14,4
Métayage	919 450	4 366 253	13,7
	3 977 781	33 337 454	8,4

Un mot sur chacune de ces manières de faire valoir le sol; nous verrons, par la suite, qu'il n'est pas indifférent d'employer de préférence tel ou tel engrais ou de faire telle ou telle amélioration foncière, suivant qu'on est propriétaire d'un domaine, métayer ou fermier.

Les exploitations cultivées par les propriétaires comprennent deux variétés :

(1) Alf. de Foville, *la France économique; Statistique raisonnée et comparative*, 1887.

1° Celles où le cultivateur travaille lui-même et sa famille : ceci suppose, comme on le conçoit aisément, une petite propriété ;

2° Celles où le propriétaire se contente de diriger l'entreprise : dans ce cas, il emploie toujours un nombre plus ou moins considérable d'ouvriers et même d'employés. Ce mode d'exploitation nécessite des capitaux plus abondants (1).

Le métayage est un mode d'exploitation du sol tel, que le propriétaire fournit le sol, la moitié du capital nécessaire à l'exploitation du domaine et l'intelligence directrice ; le métayer exploite la ferme et fournit l'autre moitié du capital. Les produits récoltés sont partagés en deux portions égales, l'une pour le propriétaire, l'autre pour l'exploitant.

Ce moyen de mettre le sol en valeur se rencontre surtout dans les pays peu avancés en culture ; toutefois, comme le fait remarquer M. E. Lecouteux, il y a métayage et métayage. Il y a celui dans lequel le propriétaire et le colon rivalisent à qui mieux mieux pour ne rien faire au profit de la terre, parce que ce profit ne se traduit pas de suite en revenus annuels, les seuls qui touchent l'esprit des gens vivant au jour le jour. Il y a aussi celui dans lequel les deux parties intéressées considèrent l'amélioration du sol comme le meilleur gage de leur commune prospérité. On s'occupe beaucoup, notamment dans le midi et l'ouest de la France, de cette question, et ce n'est pas sans un puissant intérêt économique que nous voyons la manière dont le métayage commence à être envisagé sous une nouvelle face. Nous aimons cette combinaison agricole qui permet au propriétaire d'apporter en association, non seulement la terre à cultiver, mais encore le

(1) A. Larbalétrier, *l'Agriculture française.*

capital d'améliorations permanentes qui sert à la mettre en pleine valeur, et, par suite, à en augmenter la rente foncière. Un propriétaire qui se borne à louer sa ferme en métayage, quand elle n'est pas en parfait état de culture, place le plus souvent sa fortune territoriale à 2 ou 3 pour 100. Au contraire, celui qui dote sa terre d'un capital d'améliorations immobilières peut placer ce capital à 8 et 10 pour 100, et cela sous ses yeux, sous sa surveillance de tous les instants, avec accroissement certain de la valeur même de l'assiette du placement. Il est vrai que les 8 et 10 pour 100 ne lui sont pas payés en espèces sonnantes par le métayer, puisque celui-ci acquitte sa dette annuelle en produits. Mais des produits comme le blé, comme le bétail, c'est de l'argent, et il est certain que plus la terre s'améliore, plus le métayer grossit sa part et celle du propriétaire. Voilà donc une heureuse solution. Le propriétaire améliorateur, c'est alors le métayer améliorateur. Disons tout : c'est le capital, la terre et le travail associé au plus grand profit de chacun (1).

Nous venons de voir que dans le métayage la part du propriétaire n'est pas fixe, elle varie nécessairement avec la récolte; dans ce mode d'exploitation du sol, le propriétaire et le métayer sont solidaires; l'un et l'autre profitent des bonnes années, comme l'un et l'autre subissent les mauvaises. Dans le mode d'exploitation connu sous le nom de *fermage* il n'en est plus de même. Ici le propriétaire est tout à fait désintéressé dans l'entreprise, il reçoit de l'exploitant une somme fixe, une *rente* pour la location des terres et des bâtiments; que l'année soit bonne ou mauvaise, le propriétaire reçoit la même rétribution. Ceci suppose évidemment une culture avancée, un exploitant expert, et instruit possédant un certain capital.

(1) E. Damourette, *Calendrier du métayer*.

« L'exploitation par fermier ne peut avoir lieu, dit le comte de Gasparin (1) que dans les pays où il existe déjà des capitaux accumulés dans la classe agricole; dans ceux où les récoltes offrent des chances positives d'une réussite moyenne, dans un temps donné; dans ceux où la vente des denrées se fait avec facilité et où, par conséquent, il existe à la fois des consommations, des débouchés et un commerce organisé. C'est ce genre d'exploitation qui est le plus propre à porter à la perfection la culture des vastes domaines, parce qu'il unit la richesse numéraire du fermier à la richesse territoriale du propriétaire, et que cette association double les ressources de tous deux. De même que, dans les contrées où la terre est assez divisée pour n'exiger de capitaux que la force d'une famille, c'est dans la culture du petit propriétaire que se trouve la perfection; ainsi, dans les grandes propriétés, il faut aussi que le capital employé se proportionne à son étendue. Vouloir introduire le fermage à prix d'argent dans les pays pauvres et sans capitaux, c'est s'exposer à ne pas être payé et à avoir des terres d'autant plus mal cultivées qu'elles sont plus étendues. La nature des choses a force de loi, et on n'y résiste jamais sans en être puni. Mais partout où il existe de l'aisance dans la classe agricole, on obtiendra la plus haute rente possible du fermage à prix fixe, en proportionnant l'étendue des fermes au capital moyen des fermiers. »

Le fermage, en laissant au cultivateur la liberté de ses allures, en le constituant l'arbitre unique de son système d'exploitation, en l'affranchissant de la surveillance incommode du propriétaire, dans les limites fixées par le bail, rend l'unité aux vues directrices de l'entreprise agricole, trop souvent contrariée dans le métayage, qui est

(1) Le C[te] de Gasparin, *Fermage; Guide des propriétaires des biens affermés.*

d'autant plus imparfait, qu'il y existe deux mobiles d'action : il laisse aux propriétaires la disposition de leurs loisirs et les délivre de l'esclavage de la glèbe.

Le fermier est chaque jour stimulé par un intérêt considérable, car si, dans son exploitation, il a placé en cheptels, en avances de nourritures ou de travail, etc., un capital important qu'il doit conserver et rendre productif, en retour, il touchera seul tous les bénéfices de ses avances et de son travail, ou bien il supportera toutes les pertes.

Il est évident qu'il y a dans ce contrat, dit M. le marquis d'Havrincourt (1), des conditions de sécurité et de progrès qui ne se rencontrent pas dans le métayage. Cependant il présente des inconvénients que chacun reconnaît aujourd'hui et auxquels nous voudrions porter remède.

Il sépare presque entièrement le propriétaire de sa terre ; celle-ci ne semble plus qu'un capital dont on lui paye l'intérêt ; il ne s'en occupe qu'au renouvellement des baux et pour obtenir le plus haut fermage possible, tout en dépensant le moins qu'il pourra dans sa ferme ; puis il confie la rédaction du bail à un notaire qui suit des formules de droit, dont le but unique est d'assurer le payement de la rente, et jamais de s'occuper de l'amélioration du sol ; souvent, le fermier entrant trouve ces terres en mauvais état ; alors, s'il a neuf ans de bail, il les fume pendant les trois premières années, il les cultive pendant les trois suivantes, et il les épuise pendant les trois dernières.

Voilà les tristes et trop fréquentes conséquences des baux tels qu'ils sont compris et passés la plupart du temps. Nous trouvons ici les inconvénients inverses de

(1) Congrès scientifique de France. Vingtième séance, ouverte à Arras en 1853. *Des contrats de louage des terres*, par M. le marquis d'Havrincourt.

ceux du métayage. Le métayage enchaîne trop le propriétaire et ne stimule pas assez l'intérêt du métayer ; le fermage éloigne trop le propriétaire de son bien, et, en isolant le fermier, lui crée des intérêts trop ardents pour le présent, sans garantie pour l'avenir. C'est un état intermédiaire qu'il faudrait indiquer et obtenir.

Quelques agriculteurs le demandent à nos lois : d'autres, voulant imiter l'Angleterre, voient tout l'avenir de l'agriculture dans les baux à longs termes.

Donc, dans le fermage, deux intérêts sont en jeu. Ceux du propriétaire et ceux du fermier. Les soins du premier doivent se porter sur trois points principaux : 1° retirer de la propriété une rente proportionnée à sa valeur; 2° la conserver sans détérioration; 3° augmenter cette valeur par des améliorations bien entendues.

Quant au fermier, il doit tout d'abord chercher à se rendre compte du produit qu'il pourra tirer des terres qu'il veut louer, en les mettant en culture. « C'est même cette estimation, fait remarquer M. Lechartier (1), qui lui permettra d'accepter ou de refuser le prix du fermage proposé. » Il fera porter son observation sur certains points importants, afin d'en tirer des indications utiles :

1° Quelle est la nature physique du sol? Une de ses parties constituantes est-elle prépondérante au point d'exercer une influence décisive sur le choix des plantes à cultiver? Comment les terres se comportent-elles avec les saisons? Conservent-elles une fraîcheur suffisante pour que la végétation n'y soit pas suspendue pendant l'été? La terre y est-elle sèche au point de permettre seulement la culture des végétaux dont la fructification s'opère à la fin du printemps? Est-elle humide en hiver et sèche en été? Est-elle constamment humide?

(1) G. Lechartier, *Agriculture théorique et pratique basée sur la chimie agricole*, p. 68 et suiv.

2° Quel a été l'état des récoltes précédentes pendant leur végétation et surtout à leur maturité? Le blé y était-il haut et bien grainé? Si l'on ne peut pas voir la récolte, on examinera le nombre des tiges qui sortent d'un même pied. Dans les climats tempérés, il faut se défier des terres qui ne portent que des chaumes minces et des tiges isolées sur chaque pied;

3° La couche arable est-elle profonde? Quelle est la nature du sous-sol? Le cultivateur interrogera les fossés, les tranchées ouvertes pour diminuer l'inclinaison des routes. Il observera avec soin si, dans les haies, les chênes et les arbres de haute tige végètent sans peine. C'est un indice de la perméabilité du sous-sol. Sur les terres peu épaisses, reposant sur la roche ou sur une argile imperméable, ces arbres s'arrêtent de croître en hauteur, au bout de quelques années, et se couronnent. S'ils présentent un aspect rabougri, si les pousses annuelles sont courtes, si l'écorce des jeunes arbres est gercée, couverte de mousse et de lichen, la terre est de qualité inférieure;

4° Les champs à cultiver entourent-ils le corps de la ferme ou en sont-ils éloignés? Sont-ils formés de petites parcelles? Les terres sont-elles desservies par des chemins en bon état? L'influence de l'état des chemins est énorme, parce qu'elle se fait sentir chaque jour. Lorsqu'ils sont bons, on fait plus de travaux avec moins d'animaux de trait et on n'est pas exposé à briser charrettes et voitures;

5° L'exploitation est-elle à proximité de marchés importants? A-t-elle pour ses produits des débouchés faciles? Est-elle à proximité d'une ligne de chemin de fer? Pourra-t-on se procurer facilement les engrais dont on aura besoin? Pourra-t-on faire réparer facilement les instruments agricoles?

Le rapport entre la valeur foncière et la valeur locative de la terre varie selon les temps et les lieux. On dit que

l'argent, placé en propriété, est au denier 40 quand il rapporte 2 fr. 50 pour 100 ($2,50 \times 40 = 100$), ou au denier 33 lorsqu'il rapporte 3 pour 100 ($3 \times 33,33 = 100$). C'est là, en France, le taux ordinaire des bons placements en propriétés rurales à revenus réguliers, et c'est parce que la jouissance locative de la terre peut s'obtenir ainsi à 2 et demi ou 3 pour 100 que beaucoup de fermiers préfèrent agir avec plus de terres à 2 et demi ou 3 pour 100 et avec moins de capitaux qu'ils ne pourraient se procurer qu'à 5 et 6 pour 100.

La valeur locative d'une terre s'exprime en argent dans les pays de fermage les plus avancés en agriculture. C'est là que la terre donne ses revenus avec une telle régularité, qu'il est possible aux parties contractantes de se mettre d'accord sur le chiffre des loyers annuels qui, dans l'état actuel des choses en France, varient entre 60 à 150 francs l'hectare en grande ferme. Dans ce prix de 60 à 150 francs est compris le loyer des bâtiments. Tout est stipulé à l'hectare ; mais il s'agit ici, d'après un ancien usage, de l'hectare englobé dans une ferme telle qu'elle se comporte avec ses terres, cours, jardins, bâtiments et dépendances (1).

A l'opposé des terres à 60 et 150 francs l'hectare, sont les terres à 5, 10, 20 et 25 francs avec jouissance de parcours sur les landes et dans les bois. Mais, pour peu qu'il y ait incertitude sur la régularité des revenus, les terres ne sont pas vivement disputées par les fermiers jouissant d'une certaine aisance. Ceux-ci préfèrent de beaucoup se porter dans les pays à loyers plus élevés, mais à récoltes plus certaines, à débouchés plus actifs.

Une autre considération qui influe également sur la valeur vénale et locative de la terre, c'est la loi de l'offre et

(1) E. Lecouteux, *Cours d'économie rurale*.

de la demande (1). Une exploitation, même si elle réunit toutes les conditions précitées, se louera d'autant plus cher qu'il y aura plus de fermiers à la convoiter, et d'autant moins, au contraire, qu'elle sera plus offerte. Or, les fermes sont d'autant plus demandées, que l'état de l'agriculture est plus prospère. C'est donc par le prix moyen des fermages qu'on pourra juger de la situation agricole d'un pays ou d'une contrée.

La solidarité d'intérêt, quoi qu'on en ait dit, est complète entre le propriétaire et le fermier : « De même qu'aux temps prospères, la hausse des fermages se produit d'elle-même par la concurrence des fermiers et détermine l'augmentation du prix des terres, de même, par un phénomène inverse, la baisse des fermages se produit par le défaut de concurrence et diminue la valeur vénale des terres (1). »

La crise foncière résulte de la crise culturale ; si l'on veut remédier à la crise foncière dont nous subissons les atteintes, il faut d'abord essayer de remédier à la crise culturale dont elle est la conséquence. N'est-il pas possible d'améliorer la situation des fermiers qui, conservant la disponibilité de leurs ressources pour l'exploitation seule, sont, par là même, dans une situation meilleure que celle du propriétaire exploitant lui-même ?

Les formules de baux, il faut le reconnaître, n'ont guère subi de modifications depuis de longues années ; en règle générale, ils sont trop courts. La nécessité d'un long bail est de plus en plus grande à mesure que s'impose plus impérieusement l'obligation d'une culture perfectionnée exigeant des améliorations dispendieuses et ne donnant de résultats que lentement.

Quant au prix de location, nous n'y reviendrons pas,

(1) Voir, à ce sujet, l'ouvrage de M. Yves Guyot, *la Science économique* (Bibliothèque des sciences contemporaines).

remarquons seulement qu'une location trop élevée est toujours mauvaise, non seulement pour le fermier, mais aussi pour le propriétaire lui-même, car si l'exploitant est écrasé par son loyer, il est naturellement enclin à faire une culture épuisante, et, comme le bailleur est rarement là pour le surveiller, il en résulte qu'arrivé à la fin du bail, si toutefois il peut aller jusque-là, le fermier rend au propriétaire une terre épuisée et appauvrie qui se loue ensuite très difficilement.

CHAPITRE III.

AMÉLIORATIONS ET MISE EN VALEUR DU SOL.

Amélioration des terres. — L'eau, son rôle dans la végétation. — Les eaux surabondantes. — État d'humidité du sol. — Action physique et chimique de l'eau. — Le sous-sol. — La capillarité. — Assainissement de la couche arable. — Les desséchements. — Desséchement par ascension; — par écoulement; — par absorption de l'eau. — Les desséchements par exhaussement du sol. — Alluvions artificielles. — Le drainage. — Principes du drainage. — Terres qui ont besoin d'être drainées. — Végétation des terres trop humides. — Effets hygiéniques, — mécaniques, physiques et chimiques du drainage. — Analyse des eaux de drainage. — L'entraînement des nitrates. — Emploi des eaux de drainage.

Le manque d'eau. — Les irrigations. — Utilité et principe des irrigations. — Irrigation par déversement. — Irrigation en épis. — Irrigation par submersion. — Avantages et inconvénients. — Les irrigations appliquées aux prairies. — Conditions à remplir. — Action des eaux apportées par les irrigations. — Amendement de la terre par l'apport des eaux. — Nature et qualité des eaux à employer dans les irrigations. — Température des eaux. — Composition chimique. — Les eaux croupissantes. — Aération de l'eau. — Irrigation par le drainage. — Limonage et colmatage.

Mise en culture des terres. — Défrichement. — Défrichement des terres tourbeuses, sablonneuses, calcaires. — Époque des défrichements. — Les défoncements.

Le sol, avons-nous dit, est le support des plantes; c'est pour ainsi dire l'atelier de l'industrie agricole, dont les matières premières sont l'atmosphère et les engrais. Que cherche l'agriculteur? à transformer les matières fertilisantes, quelle que soit d'ailleurs leur origine, en récoltes. Mais, pour que cette transformation puisse s'opérer,

la terre, comme nous l'avons vu, doit remplir certaines conditions. Or, parce qu'une terre ne présentera pas une ou plusieurs de ces conditions, est-ce à dire qu'elle ne pourra être utilisée pour la production agricole? Non certes; une terre peut presque toujours être améliorée. Le problème scientifique des améliorations foncières peut être considéré aujourd'hui comme résolu; mais il n'en est plus tout à fait de même du problème économique, surtout dans le mode d'exploitation du sol par le fermage.

Il est un genre d'amélioration fréquemment mis en pratique, c'est l'apport d'éléments minéraux destinés à modifier ou à corriger la nature physique ou mécanique des sols. Nous aurons à nous en occuper dans le chapitre suivant.

Pour le moment, nous devons nous occuper de l'eau, qui joue en agriculture un rôle prépondérant comme matière première, de son absence ou de sa surabondance dans les sols et des moyens d'y remédier.

La pluie qui tombe sur la terre se partage en trois portions bien distinctes :

1° La première s'infiltre dans la terre, rencontre les engrais, qu'elle dissout, et pénètre dans les plantes, où elle forme la sève; les engrais ou, pour mieux dire, les principes actifs de ceux-ci, se fixent dans les plantes et l'eau surabondante s'évapore par les feuilles;

2° Une seconde partie de l'eau de pluie s'écoule à la surface du sol et va grossir les cours d'eau;

3° Enfin, la troisième s'évapore dans l'atmosphère.

Voyons d'abord cette dernière.

L'évaporation des terres est très variable. Elle est d'autant plus active que la terre est moins perméable; les terres évaporent d'autant plus qu'elles sont plus chaudes; l'évaporation, toutes choses égales d'ailleurs, est donc plus forte en été qu'en hiver, et elle est plus active, par

cela même, dans le Midi que dans le Nord; de plus, les sols nus évaporent plus que les sols couverts de végétaux. Enfin, l'état hygrométrique de l'air a encore, cela và sans dire, une influence marquée.

La partie des eaux qui s'écoule à la surface du sol a aussi son importance. Cette eau, jointe à celle qui s'est infiltrée dans le sol *et qui n'a pu servir aux végétaux,* et qui a cheminé sur le sous-sol imperméable, forme les marais, les étangs, les lacs, les ruisseaux et les rivières.

On comprend sans peine que la facilité avec laquelle les eaux s'écoulent à la surface varie avec la nature des terres. Si le sol est imperméable, les eaux, qui ne peuvent s'infiltrer dans la terre et que la chaleur insuffisante ne peut évaporer, glissent à la surface en suivant les lignes de plus grande pente. Or, le sol peut être imperméable par *nature* ou par *positions.* Dans le premier cas, l'eau s'écoule lentement. Par ce fait même, les cours d'eau se trouvent grossis, mais d'une façon graduée. Dans le second cas, au contraire, comme dans les terrains de montagnes, quelle que soit leur nature minéralogique, l'eau s'écoule avec rapidité et ravine le sol; si le sol est nu, le ravinement est considérable; s'il est gazonné, il l'est moins; enfin, si les terres sont boisées, les racines des arbres s'enchevêtrant dans le sol, les terres sont maintenues et le ravinement est peu notable.

Il va sans dire que, si le sol est perméable, l'eau s'y infiltre et les débordements des fleuves sont moins à craindre. Dans les contrées qui se trouvent dans de pareilles conditions, le régime des cours d'eau est peu variable ou varie dans de faibles limites. Les bassins de la Seine et de la Saône sont dans ce cas. Il n'en est pas de même des bassins de la Loire et du Rhône, où les inondations ne sont que trop communes.

Parler des inondations serait sortir du cadre de ce livre.

Notons seulement que, si elles sont nuisibles dans nos pays, elles sont, par contre, très utiles dans d'autres. Ainsi, les campagnes qui avoisinent le Nil doivent leur fertilité prodigieuse aux quantités énormes de limons que ce fleuve charrie et qu'il dépose sur les terres lorsqu'il déborde périodiquement.

Enfin, la partie des eaux pluviales, qui n'est ni évaporée dans l'air ni écoulée à sa surface, pénètre dans le sol. Une partie de cette eau reste emprisonnée entre les molécules de la terre arable; une autre reste sur le sous-sol et forme la couche aquifère, qui reste en réserve lorsque le terrain est horizontal; mais qui, ainsi que nous l'avons vu, chemine lorsque le sol est en pente et vient ensuite sourdre à la surface après un trajet plus ou moins long, formant ainsi les sources, qui donnent elles-mêmes naissance aux ruisseaux lorsque le débit est continu.

Cette eau, qui pénètre dans le sol, a une importance capitale au point de vue agricole. En effet, l'eau est indispensable à la végétation ; il en faut en suffisante quantité, mais, par contre, pas trop n'en faut. Le manque d'eau dans les terres arables est préjudiciable au même titre que sa surabondance.

La quantité d'eau qui pénètre dans le sol est variable avec la nature des terres. C'est l'humus qui en absorbe le plus ; c'est le sable siliceux qui en retient le moins.

Schubler a obtenu à ce sujet les chiffres suivants :

Humus	1,00
Argile pure	0,70
Terre silico-argileuse	0,52
Terre argilo-siliceuse	0,50
Terre calcaire	0,29
Sable siliceux	0,25

Toutefois, on a calculé qu'*en moyenne* l'eau de pluie pénètre dans la terre à une profondeur environ six fois

plus grande que la hauteur d'eau tombée, celle-ci étant calculée en millimètres à l'aide du pluviomètre. Ainsi, s'il tombe 4 millimètres d'eau, elle pénètre à :

4 mm. d'eau × 6 = 24 mm. de profondeur.

Toutefois, on comprendra que ce chiffre 6 est une *moyenne* pour tous les sols; à vrai dire, c'est un coefficient, qui doit varier avec la nature même des terres, mais qui n'est pas encore bien exactement déterminée pour chacune d'elles.

L'eau qui pénètre dans le sol agit physiquement et chimiquement.

Elle agit physiquement par ce fait qu'en tombant avec plus ou moins de violence, elle désagrège et pulvérise les terrains.

Chimiquement, elle agit de deux manières :

1° Elle apporte au sol des substances (acide nitrique, ammoniaque, etc.) qu'elle prend dans l'atmosphère, et au sujet desquelles nous nous sommes déjà longuement étendu (1);

2° Elle dissout les sels solubles qu'elle rencontre dans la terre et les rend ainsi assimilables ; une partie, il est vrai, s'écoule et se trouve perdue pour la végétation.

Le sous-sol est lui-même plus ou moins perméable; donc, la quantité d'eau qui constitue la couche aquifère peut être perdue si elle s'écoule, ou bien, remontant à la surface par capillarité, elle peut être utilisée par les plantes.

La force capillaire agit surtout dans les moments de sécheresse ; alors les couches profondes fournissent aux plantes une humidité bienfaisante.

M. le professeur Wrigtson, de la Société royale d'agriculture de Downtond (Angleterre), a fait à ce sujet des

(1) Voir ch. I, *l'Atmosphère.*

recherches fort précises. Il est arrivé aux chiffres suivants :

Hauteur de l'eau dans les tubes et rapidité avec laquelle elle monte :

	Élévation		
	en 20 min.	en 7 heur.	en 50 jours.
Sous-sol argileux fin (passé au tamis).	»	1,44 [1]	28,0
Sous-sol argileux à gros grains.....	1,34	3,25	5,7
Sol compact argileux.............	1,25	5,17	35,5
Sable fin........................	9,00	14,95	23,0
Argile compacte..................	1,62	3,95	15,5
Sol glaiseux (passé au tamis).......	2,34	8,50	35,5

Ces chiffres montrent que les terres argileuses possèdent une grande puissance capillaire, tandis que les sols compacts de même nature ont une action capillaire plus faible.

M. Pagnoul a fait à la station agronomique d'Arras des recherches fort intéressantes concernant l'humidité du sol. Il a consigné ces travaux dans le tableau ci-joint :

(1) Chiffres représentant des *inches*, mesure qui vaut $2^m,54$.

EAU CONTENUE DANS LA COUCHE ARABLE (expérience faite en 1886 par M. Pagnoul.) (Tableau XVI.)

DATE.	EAU primitive. A	EAU tombée. B	EAU évaporée. C	DIFFÉRENCE. A+B—C	EAU finale trouvée. D	EAU prise au sous-sol.	EAU cédée au sous-sol.	TEMPÉRATURE moyenne de la période.
TERRE NUE.								
Du 14 au 23 avril........	7 273k	190k	2 452k	5 009k	7 191k	2 182k	»	9,44
Du 24 avril au 3 mai. ...	7 191	790	2 904	5 077	7 024	1 947	»	11,03
Du 4 au 11 mai....... ..	7 024	»	1 598	5 426	7 161	1 735	»	14,05
Du 12 au 22 mai.........	7 161	2 520	3 178	6 503	7 574	1 071	»	15,28
Du 23 au 30 mai.........	7 574	3 950	1 828	9 696	7 839	»	1 757k	15,68
Du 31 mai au 15 juin....	7 839	6 520	3 548	10 811	7 722	»	3 089	15,91
Du 16 au 24 juin.........	7 722	2 520	1 701	8 541	7 574	»	967	12,91
Du 25 juin au 8 juillet...	7 574	»	4 643	2 931	7 301	4 370	»	17,92
Du 9 au 18 juillet........	7 301	1 800	3 261	5 480	6 833	1 353	»	16,87
						12 658k	5 813k	
TERRE GAZONNÉE.								
Du 4 au 11 mai.........	6 322	»	2 430	3 892	6 340	2 448	»	14,05
Du 12 au 22 mai.........	6 340	2 520	4 707	3 820	6 419	2 599	»	15,28
Du 23 au 30 mai.........	6 419	3 950	2 649	7 720	6 263	»	1 457	15.68
Du 31 mai au 15 juin	6 263	6 520	4 822	7 961	6 801	»	1 160	15,91
Du 16 au 24 juin.... ...	6 801	2 520	1 891	7 430	6 708	»	722	12,91
Du 25 juin au 8 juillet...	6 708	»	6 216	492	3 986	3 494	»	17,92
Du 9 au 18 juillet........	3 986	1 800	4 720	1 060	3 557	2 497	»	16,87
						11 038k	3 339k	

D'après les chiffres contenus dans ce tableau, le sol nu aurait pris au sous-sol, du 14 avril au 18 juillet, 12 658 litres d'eau et il lui en aurait cédé 5813, ce qui représente une différence de 6 845 litres, équivalente à une hauteur de plus de 68mm,45. Le sol nu a donc pris au sous-sol, dans cette période de trois mois, une quantité d'eau supérieure à la pluie moyenne d'un mois.

Si maintenant on compare les résultats obtenus simultanément sur terre nue et sur terre gazonnée, du 4 mai au 18 juillet, on trouve que, pendant cette période, l'évaporation a été sur terre nue de 19757 litres, et, sur terre gazonnée, de 27441 ; mais qu'en même temps l'eau prise au sous-sol a été de 7699 litres pour la terre gazonnée, et seulement 2716 pour la terre nue.

Le sous-sol est donc un réservoir qui, non seulement débarrasse le sol de son excès d'humidité dans les périodes de grande pluie, mais lui restitue aussi l'eau qui lui manque pendant les périodes de sécheresse. La constitution physique du sol et du sous-sol est d'autant plus convenable à la végétation que cette restitution s'opère d'une façon plus régulière en se proportionnant au besoin des plantes (1).

C'est par les racines que les végétaux prennent l'eau qui leur est nécessaire ; la terre doit en être suffisamment pourvue. Mais il peut se faire qu'il y ait excès ; il faut alors enlever au sol l'eau surabondante ; on y arrive par les *dessèchements* et le *drainage*. L'opération inverse, c'est-à-dire celle qui consiste à fournir au sol l'eau qui lui manque constitue l'*irrigation*.

Les dessèchements, le drainage et l'irrigation sont des améliorations foncières de première importance qui mo-

(1) M. Pagnoul, *Bulletin de la station agronomique du Pas-de-Calais*, 1886.

difient puissamment la nature et la valeur vénale des travaux agricoles.

Voyons d'abord les desséchements. Ils peuvent se faire de différentes façons :

1° Par ascension de l'eau ;

2° Par écoulement ;

3° Par absorption ou infiltration ;

4° Par exhaussement du sol ;

5° Par le drainage proprement dit.

Les desséchements par *ascension* se pratiquent sur les terrains avoisinant les cours d'eau, dans le fond des vallées, par exemple. On se sert, pour les exécuter, de machines d'épuisement, qui élèvent l'eau des parties submergées à un étage supérieur. Pour faire ce travail, différents systèmes sont en usage : les roues à godets, les norias, vis d'Archimède, etc., mises en mouvement par un moteur quelconque. C'est le vent qui est le plus généralement employé, car il constitue sans contredit le moteur le plus économique. Ce mode de procéder est commun dans les polders de la Hollande.

Le desséchement par *écoulement* est le procédé le plus généralement suivi, mais, pour l'appliquer, il faut, dans le voisinage, un bassin inférieur dans lequel on puisse diriger les eaux. On arrive à ce bassin, un ruisseau, par exemple, au moyen de canaux d'écoulement, qui sont, ou des fossés à ciel ouvert, ou des galeries souterraines empierrées. Toutefois, il est à remarquer que, pour que ce dernier système soit économique, il faut l'appliquer sur un terrain pierreux, c'est-à-dire présentant les matériaux de desséchement sur place. Ces rigoles empierrées peuvent être formées de pierres cassées jetées pêle-mêle au fond d'une tranchée, ou bien elles peuvent constituer de véritables canaux plus ou moins artistement construits.

Les *desséchements par absorption* ou infiltration exi-

gent que le terrain soit disposé de telle sorte que les eaux puissent être réunies vers un point central. Il faut, en outre, fait remarquer M. Laffineur, qu'au-dessous de ce point, il existe à une certaine profondeur une couche suffisante pour enlever les eaux qui sont en excès à la surface du sol. On met le point de réunion des eaux en communication avec la couche perméable du sol au moyen d'un *puits absorbant*.

Ces sortes de puits doivent avoir de 4 à 8 mètres de profondeur et 2 ou 3 mètres de diamètre. On leur donne la forme d'un tronc de cône renversé, si le terrain n'est pas assez résistant pour se tenir suivant des lignes verticales. Lorsque le puits ne peut pas être creusé jusqu'à la couche perméable, on pratique au fond un trou de sonde dans lequel on introduit un tuyau de bois, de poterie ou de métal, qu'on laisse excéder un peu au-dessus du fond du puits. On recouvre ensuite l'ouverture supérieure avec des branchages pour qu'elle ne se trouve pas obstruée avec de la terre ou d'autres matières. Enfin, le puits lui-même est rempli avec des fagots ou fascines, des pierres brutes, et la partie supérieure est recouverte avec de la terre végétale. Il ne reste plus qu'à diriger les eaux vers le puits absorbant au moyen de fossés ouverts ou souterrains (1).

Les desséchements par exhaussement du sol consistent à amener sur le sol des matériaux solides, terres ou limons charriés par les eaux, et de les faire concourir à l'exhaussement, et aussi à l'amendement des terrains. Nous aurons à reparler de ces opérations en traitant des amendements. Qu'il nous suffise pour l'instant de faire remarquer, avec M. E. Lecouteux, que le *colmatage* est une des plus belles opérations de l'agriculture toscane ; il est

(1) J. Laffineur, *Guide pratique de l'ingénieur agricole.*

une véritable *alluvion artificielle*, qui diffère du *limonement* en ce que celui-ci s'accomplit par le dépôt des eaux de rivières limoneuses, tandis que le *colmatage* est particulier aux pays de collines, où il se pratique à l'aide des eaux pluviales chargées de terres qu'elles ont prises à flanc de coteau, et qu'elles déposent dans les bas-fonds aux lieux indiqués (1). Pays de collines, la Toscane devait se préoccuper des ravages que les eaux exercent sur les terrains inclinés, et c'est là surtout qu'il faut voir comment on a su remédier à ces ravages.

Arrivons au drainage proprement dit.

Il consiste à ouvrir dans le sol des tranchées d'une profondeur variant entre 90 centimètres et 1m,50. Cette profondeur doit être telle que les drains ne soient atteints ni par les labours ni par les racines des plantes. Au fond des tranchées, on dispose des tuyaux en terre cuite ou drains, de telle sorte que leurs extrémités, bien dressées, s'appliquent exactement les unes contre les autres. On recouvre le point de jonction d'un morceau de tuile courbe, pour empêcher les parcelles de terre de pénétrer à l'intérieur des drains et de les obstruer. La tranchée est ensuite remplie au moyen de la terre qui en avait été extraite.

On établit ainsi les drains sur plusieurs lignes, que l'on espace plus ou moins, suivant la nature du terrain et la quantité d'eau qui y séjourne. Les lignes sont inclinées de manière que les eaux s'écoulent facilement et toujours dans la même direction. On fait déboucher l'extrémité de chaque ligne dans des tubes plus gros, que l'on nomme *tubes collecteurs*. Ceux-ci reçoivent l'eau qui descend des petits drains et vont déboucher à l'air libre au point le plus bas du terrain. C'est là qu'ils déversent l'eau, qu'ils ont recueillie après son infiltration dans le sol (2).

(1) E. Lecouteux, *Principes de la culture améliorante.*

(2) G. Lechartier, *Agriculture théorique et pratique.*

Telles sont, en résumé, les opérations du drainage; voyons maintenant à quels signes extérieurs on reconnaît qu'une terre a besoin d'être drainée ou assainie. M. J.-A. Barral a développé cette partie d'une façon fort remarquable ; nous lui ferons des emprunts nombreux (1).

L'aspect du sol après les pluies ou pendant les grandes chaleurs, le mode de culture et la nature de la végétation, sont des caractères très nets, à l'aide desquels il est facile de reconnaître si un champ a besoin d'être drainé.

Partout où, quelques heures après une pluie, on aperçoit de l'eau qui séjourne dans les sillons ;

Partout où la terre est forte, grasse, où elle s'attache aux souliers, où le pied, soit des hommes, soit des chevaux, laisse après son passage des cavités où l'eau demeure comme dans de petites citernes;

Partout où le bétail ne peut pénétrer après un temps pluvieux sans enfoncer dans la boue;

Partout où le soleil forme sur la terre une croûte dure légèrement fendillée, resserrant comme dans un étau les racines des plantes ;

Partout où l'on voit les dépressions du terrain notablement plus humides que le reste des pièces, trois ou quatre jours après les pluies ;

Partout où un bâton, enfoncé dans le sol à une profondeur de 40 à 50 centimètres, forme un trou qui ressemble à une sorte de puits, au fond duquel l'eau stagnante s'aperçoit ;

Partout où la tradition a consacré comme avantageux l'usage de la culture en billons ;

On peut affirmer que le drainage produira de bons effets.

Que l'eau soit stagnante à la surface après les pluies,

(1) J.-A. Barral, *Manuel de drainage des terres arables*, t. I, p. 324 et suiv.

ou bien qu'elle sourde du fond, du dessous, comme disent les cultivateurs, on doit regarder le drainage comme une des plus importantes améliorations foncières qu'o puisse exécuter.

Dans tous ces cas, la végétation ne peut s'accomplir avec facilité. Ces récoltes sont maigres, souvent nulles, et des plantes spéciales, qui ont trouvé ces sortes de terres hospitalières, les signalent spécialement aux yeux du visiteur exercé. La prêle, le liseron des champs, les renoncules, les joncs, les laîches, les oseilles, le colchique d'automne, sont maîtresses des champs humides et en chassent presque toute récolte productive ; les sarclages ne peuvent les faire disparaître, mais le drainage leur ôtera l'humidité permanente nécessaire à leur existence. Pour la pièce de terre qui a été drainée à l'ancien Institut agronomique de Versailles (ferme de la Ménagerie), et qui est formée d'argile verte de nature plastique un peu calcaire, M. Boitel a déterminé la nature de la végétation spontanée qui la recouvrait; cette détermination peut servir d'exemple, et nous allons en conséquence la reproduire. Le chiffre 100 représente, dans le tableau suivant, l'espèce la plus commune; les autres espèces ont des chiffres de plus en plus bas, à mesure qu'elles deviennent plus rares.

Chiffres proportionnels.	Noms latins des espèces.	Noms vulgaires.
100	Juncus communis........	Jonc commun.
83	Plantago lanceolata.......	Plantain lancéolé.
67	Colchicum autumnale.....	Colchique d'automne.
50	Equisetum arvense........	Prêle, queue-de-cheval.
50	Ranunculus acris, bulbosus	Renoncules.
50	Carex riparia.............	Laîche.
50	Hypericum tetrapterum...	Millepertuis des marais.
33	Ajuga genevensis.........	Bugle.
33	Circium palustre..........	Chardon des marais.
33	Cardamine pratensis......	Cresson fleuri.

Chiffres proportionnels.	Noms latins des espèces.	Noms vulgaires.
33	Agrimonia eupatoria......	Aigremoine.
17	Valeriana dioïca.........	Valériane dioïque.
17	Caltha palustris..........	Populage des marais.
17	Rumex acetosa crispus....	Oseille ordinaire, crépue.
1,2	Trifolium pratense, repens.	Trèfle ordinaire blanc.
0,8	Orchis latifolia...........	Orchis à larges feuilles.
0,4	Anthoxanthum odoratum..	Flouve odorante.

En Angleterre, fait observer M. Kielmann (1), on draine tous les champs sans exception, et l'on ne distingue pas s'ils souffrent ou non de l'humidité. Pour nous, qui n'habitons pas l'Angleterre et qui, en général, ne travaillons qu'avec des capitaux beaucoup moins considérables que les Anglais, nous trouvons en cela un motif suffisant pour ne pas drainer tous les terrains sans faire de différence entre eux. *Dans nos pays*, nous ne devons recommander que le drainage des terres humides.

Le drainage a plusieurs effets bien marqués :

1° Des effets hygiéniques, en ce qu'il rend plus salubres les pays où il se fait sur une grande échelle;

2° Des effets mécaniques;

3° Des effets physiques ;

4° Des effets chimiques.

Les bons effets du drainage sur l'hygiène publique sont manifestes. Dans une foule d'enquêtes, entourées de toutes les garanties imaginables de fidélité, et où ont été entendus les médecins les plus distingués, des philanthropes, véritables amis du progrès et du bien-être des masses, on trouve constatés les effets suivants :

Plus de rareté dans les brouillards, qui sont à la fois moins nombreux, moins élevés et moins denses ;

(1) C.-L. Kielmann, *Du drainage*, adapté par C. Hombourg, 1 vol. 1857.

Diminution considérable dans l'action des fièvres rémittentes et intermittentes ;

Disparition presque complète des rhumatismes, si fréquents dans les contrées humides ;

Amélioration notable de la santé générale des populations rurales.

Le bétail, dans les pays drainés, est moins fréquemment atteint des épizooties, qui le déciment d'une manière si fâcheuse pour le succès des spéculations agricoles. La cachexie aqueuse ne ravage plus l'espèce ovine, et la péripneumonie n'atteint pas d'une manière aussi grave l'espèce bovine dans les pays drainés.

Les récoltes elles-mêmes sont moins sujettes à être envahies par la rouille, surtout dans les bas-fonds, où les brouillards détériorent les grains au moment où l'approche de leur maturité faisait espérer une moisson abondante tout à coup perdue.

L'effet mécanique le plus important du drainage est l'évacuation de l'eau ; il y faut joindre l'ameublissement des terres fortes.

Les effets physiques du drainage ont été surtout étudiés par M. Josiah Parkes, qui a fait à ce sujet de nombreuses expériences, ayant surtout en vue de déterminer : 1° l'influence exercée sur la température du sol ; 2° les modifications éprouvées par le pouvoir évaporatoire de la couche arable.

M. Barral en a tiré les conclusions qui suivent :

1° Un sol drainé est plus chaud qu'un sol non drainé de même nature ;

2° L'évaporation d'un sol drainé est moindre que celle d'un même sol non drainé, mais dans un rapport qui est à déterminer pour les divers climats, les diverses natures de terre, les diverses sortes de culture ;

3° La moindre évaporation d'un sol drainé explique très

bien la diminution du nombre des brouillards dans les régions drainées, puisque les brouillards naissent de préférence dans un air plus chargé d'humidité;

4° Toutes circonstances égales d'ailleurs, des drains plus profonds paraissent débiter une plus grande quantité d'eau, de sorte qu'on peut espacer davantage les lignes, mais dans des rapports que l'expérience n'a pas encore fait suffisamment connaître.

Les effets chimiques du drainage occupent le premier rang par leur importance et par leur nombre.

Les réactions chimiques dans le drainage proviennent des réactions exercées par l'eau pluviale et surtout par l'air sur les matériaux du sol, sur les engrais organiques et sur les engrais minéraux ou amendements, qu'on y ajoute dans toute culture perfectionnée. L'air intervient dans les effets chimiques du drainage, non pas seulement en se trouvant en contact avec la partie supérieure du terrain rendue plus poreuse, mais surtout parce qu'il remonte d'en bas, à travers les fissures des tuyaux et celles du sol, lorsque celui-ci a été égoutté.

« L'oxygène de l'air, arrivant en beaucoup plus grande abondance dans le sol, doit former de l'acide carbonique; il doit ainsi hâter la décomposition de toutes les matières organiques du sol et fournir aux plantes une nourriture mieux appropriée à leurs besoins; car l'acide carbonique paraît être le principal dissolvant à l'aide duquel le carbonate de chaux, le phosphate de chaux, le phosphate de fer, sont drainés dans la sève des plantes. Peut-être aussi l'azote de l'air n'assiste-t-il pas indifférent à toutes ces réactions. On sait enfin que, dans les terres calcaires ou renfermant des matières alcalines, il se forme, par la combustion lente des matières organiques d'origine animale, des azotates qui, à leur tour, peuvent exercer également une influence sur la végétation. En présence

de tant de phénomènes, qui doivent très probablement se passer dans le sein d'une terre drainée, on s'explique bien l'accélération de la pousse des plantes, la plus hâtive maturité des récoltes, la vertu plus nourrissante des herbages, phénomènes que les draineurs proclament évidents (1). »

Il nous reste à dire quelques mots sur la composition des eaux de drainage ; cette question a été étudiée avec beaucoup de soin par MM. Lawes, Gilbert et Warington dans la ferme expérimentale de Rothamsted. En voici les principales conclusions :

En ce qui concerne la quantité d'azote perdue dans les eaux de drainage :

Pendant une année très humide, 1 hectare de terre cultivée sans engrais a perdu environ 18 kilogrammes d'azote par le seul fait du drainage. La presque totalité de cette perte s'effectue en hiver, quand le sol est libre de toute végétation.

Avec des fumiers contenant 48, 96 et 145 kilogrammes d'azote ammoniacal, la perte, par drainage, s'élève à 24, 30 et 46 kilogrammes ; elle peut devenir beaucoup plus considérable, si l'acide phosphorique et la potasse font défaut, ou encore si les sels ammoniacaux ont été semés en automne.

Le minimum de richesse des eaux de drainage coïncide avec le maximum d'azote recouvré dans la récolte.

Quand la fumure est peu abondante, on trouve plus d'azote dans la récolte et les eaux de drainage qu'il n'y en avait dans l'engrais : dans le cas contraire, il y a perte. En moyenne, on peut dire que le sol et les pluies fournissent aux cultures environ 33 kilogrammes d'azote par hectare et par an.

(1) J.-A. Barral, ouvr. cit.

L'analyse du sol a montré que la terre s'appauvrit considérablement quand on ne lui fournit pas d'engrais azotés ; quand, au contraire, on lui en a donné, il n'y a que de faibles variations, en rapport avec la richesse même des engrais et l'abondance des récoltes : l'enrichissement qu'on obtient quelquefois est principalement dû aux débris que la culture laisse dans le sol.

Quand on emploie le fumier de ferme comme engrais, il peut se produire une perte considérable d'azote, attribuable à la décomposition des matières organiques ; si le sol est saturé d'eau, ou imparfaitement aéré, l'acide nitrique peut aussi se réduire et donner lieu à un dégagement d'azote libre (1).

Nous donnons ci-joint la composition moyenne des eaux de drainage à Broadbalkfield, ainsi que la nature des engrais qui ont été régulièrement distribués aux diverses parcelles, d'après les analyses faites à Rothamsted.

Les eaux de drainage ne sont pas fatalement perdues. Par ce fait même que leur composition chimique les rapproche des eaux des sources naturelles, puisque, comme celles-ci, elles sont le produit d'infiltrations de l'eau pluviale à travers les couches arables ; par ce fait même, elles sont bonnes pour les usages domestiques. En Angleterre, dans beaucoup de localités, ces eaux alimentent les fontaines et les abreuvoirs ; enfin elles peuvent être employées pour irriguer d'autres terres.

Quant à la quantité d'eau évacuée par le drainage, elle est assez variable, non seulement avec la saison, mais encore suivant que le sol est plus ou moins pourvu de récoltes.

Ainsi, dans le cas d'un sol portant des plantes à végé-

(1) *Annales agronomiques*, t. VIII : *Sur la composition des eaux de pluie et de drainage recueillies à Rothamsted*, par MM. Lawes, Gilbert et Warington (*Journal of the Royal Agricultural Society of England*).

Tableau XVII.

PAR-CELLES	NATURE DES ENGRAIS.	MATIÈRES solides totales.	CARBONE organique	AZOTE organique	AZOTE ammo-niacal.	AZOTE nitrique.	AZOTE Total.	CHLORE.	DURETÉ.
2	35000 k. fumier de ferme....	312,8	4,57	1,08	0,14	9,2	10,5	18,8	192
3, 4	Sans engrais...............	209,3	1,51	0,34	0,01	3,6	4,2	10,1	169
5	Mélange minéral...........	333,6	1,88	0,44	0,02	4,2	4,6	10,3	238
6	224 k. sels ammoniacaux et engrais minéraux.........	493,0	2,04	0,48	0,02	9,5	10,0	26,3	340
7	418 k. sels ammoniacaux et engrais minéraux.........	592,4	1,84	0,49	0,10	17,7	18,3	41,7	400
8	672 k. sels ammoniacaux et engrais minéraux.........	681,8	2,15	0,65	0,06	23,4	24,1	50,2	425
9	616 k. nitrate de soude......	382,9	2,10	0,61	0,02	13,0	13,6	13,0	228
10	448 k. sels ammon. seulement	476,7	1, 6	0,51	0,04	21,2	21,7	42,2	329
11	448 k. sels ammoniacaux et superphosphate..........	554,9	1,3	0,41	0,03	23,4	23,9	45,6	392
12	448 k. sels ammoniacaux et sulfate de soude..........	639,6	1,47	0,40	0,02	20,2	20,6	11,6	425
13	448 k.s. amm. et sulfate de pot.	674,3	2,15	0,67	0,02	21,5	22,2	46,2	454
14	— et sulf. de magn.	662,6	2,21	0,54	0,03	20,3	20,9	46,0	446
15	— et mélange min[l]	562,9	2,63	0,77	0,02	17,6	18,4	20,1	397
16	Sans engrais..............	281,1	5,61	1,34	0,01	6,6	7,9	10,8	206

tation vigoureuse, le drainage dans notre climat (1) est entièrement suspendu pendant l'été, à moins que les averses ne soient exceptionnellement abondantes et de longue durée.

Dans quelques drainages de M. Greaves, à Lea-Bridge, sur une moyenne de quatorze ans (1860-1873), avec une quantité d'eau de 25 pouces 72, le drainage, pendant les six mois d'été, produisit 0 pouce 73 ou 9,7 pour 100, et dans les six mois d'hiver, 6 pouces 85 ou 90,3 pour 100.

L'*irrigation*, nous l'avons déjà dit, est l'opération inverse du drainage, elle consiste à apporter au sol arable l'eau qui lui manque.

« Les irrigations, dit M. Hervé-Mangon dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences en 1863, si nécessaires à l'accroissement de la richesse agricole d'un pays, sont loin de présenter en France le développement qu'elles pourraient recevoir. A l'exception de la Durance, nos grands cours d'eau n'enrichissent que les mers ; le Rhône coule inutile au milieu des plaines desséchées du Midi ; la Seine, la Loire, le Rhin, n'alimentent, pour ainsi dire, aucune irrigation, et leurs affluents secondaires ne sont guère mieux employés.

« Les eaux d'irrigation sont une source d'engrais immédiate qui produit, pour chaque centaine de mètres cubes d'eau employée, l'équivalent d'un bœuf de boucherie. Le moindre de nos fleuves entraîne donc à la mer, sans aucun profit, la valeur de plusieurs têtes de gros bétail par heure, et par conséquent plusieurs milliers de têtes par année. »

Les irrigations proprement dites n'étant guère applicables qu'aux prairies, c'est sur ces cultures que nous

(1) *The Gardener's Chronicle*, 24 septembre 1887. *Constituents of rain, drainage and well waters*, par John Willis.

devons les étudier. Différents systèmes peuvent être appliqués suivant les cas ; mais toujours les conditions fondamentales à remplir seront celles-ci :

1° Faire en sorte, que tous les points du terrain soient suffisamment couverts d'eau ; 2° que cette eau ne ravine pas à cause d'une trop grande vitesse ; 3° qu'elle arrive à se retirer à volonté ; 4° que les eaux d'écoulement, constamment tenues au niveau le plus élevé possible, tout en donnant satisfaction à l'intérêt suprême de l'assainissement, puissent servir à l'arrosement de tous les terrains inférieurs, ou tout au moins déposer leurs matières fertilisantes, avant de s'échapper sur le terrain d'autrui ; tels sont les *desiderata* formulés par M. E. Lecouteux (1). On y arrive : par l'irrigation par *déversement;* l'irrigation *en épis;* l'irrigation par *submersion* et l'irrigation par *planches en ados*. Ces deux derniers systèmes sont appliqués dans les terrains plats, les deux premiers conviennent aux fortes pentes.

L'irrigation par déversement ou par reprises d'eau convient parfaitement aux prairies ayant une pente d'au moins 2 centimètres par mètre. L'eau est amenée dans une rigole supérieure ouverte transversalement à la pente ; elle déborde et s'échappe en nappes minces par le bord supérieur de la rigole placée au-dessous de celles-ci, et ainsi de suite.

Toutes ces rigoles sont tracées avec le niveau et ne sauraient être parallèles. Plus les pentes sont fortes, plus les rigoles doivent être multipliées. C'est le mode d'irrigation qui exige le moins d'eau. Dans les Pyrénées, les prairies présentent souvent cinq à huit étages de rigoles situées à 3 ou 4 mètres de distance (2).

(1) Joigneaux, *le Livre de la ferme,* t. I.

(2) G. Heuzé, *les Pâturages, les Prairies artificielles et les Herbages.*

L'irrigation au moyen de rigoles en pente ou *en épi* consiste dans l'emploi d'une série de petites rigoles de distribution établies suivant les lignes de plus grandes pentes du terrain à irriguer. Le long de chacune de ces rigoles, on en pratique de plus petites dites *d'arrosage*, qui sont disposées comme les barbes d'une plume, à de certaines distances les unes des autres. Toutes ces rigoles sont à sections décroissantes.

Les terrains auxquels ce système d'irrigation est applicable doivent présenter une suite de contreforts interrompus par de petites dépressions (1).

L'irrigation par submersion est simplement une inondation qu'on peut régler au moyen de digues et d'écluses. On n'a pas à craindre, alors, qu'elles viennent envaser le foin ou entraîner la récolte fauchée, comme cela se produit dans les submersions naturelles.

Les travaux au moyen desquels on peut diriger et retenir l'eau plus ou moins longtemps sur un pré, ont, comme point de départ, les conditions d'établissement suivantes :

1° Le pré inondé doit être commandé par un cours d'eau qui lui fournisse l'eau nécessaire ;

2° La surface doit être parfaitement de niveau, en sorte que l'on puisse faire écouler l'eau ;

3° La pente ne doit pas dépasser 1 mètre à 1m,50 pour 1000, sinon les digues destinées à maintenir l'eau seraient trop hautes dans les parties basses ;

La couche d'eau présenterait le même inconvénient. Avec une faible quantité d'eau, il faudrait trop de temps pour recouvrir toute la surface à irriguer (2).

Ce mode d'arrosage, fait remarquer M. Hervé-Man-

(1) J. Laffineur, *Guide pratique de l'ingénieur agricole.*

(2) W.-F. Dunkelberg, *De la création des prairies irriguées*, 1869.

gon (1), est à peu près exclusivement employé en Espagne. On le retrouve dans notre Midi et en Algérie. Il convient particulièrement à l'arrosage des céréales et des plantes sarclées.

L'irrigation par planches en ados consiste à établir des surfaces inclinées. Les planches en ados, présentant deux surfaces symétriques et également inclinées, et recevant l'eau sur la ligne du faîte, sont rarement utilisées à cause des frais de main-d'œuvre qu'elles exigent pour leur établissement (2). On préfère une série de planches à une seule pente et disposées suivant la situation naturelle du terrain.

Aujourd'hui, on a su apprécier tous les bons effets des irrigations, aussi sont-elles appliquées en grand dans beaucoup de régions, dans la Campine, la Bresse, le Midi et surtout les Vosges. Le Vosgien, dit M. A. Boitel, a l'instinct et le sentiment des irrigations ; il en apprécie tellement les bons effets, que souvent il dépasse le but en mettant dans ses prairies plus d'eau qu'il n'en faut pour le bien de la végétation.

Il excelle dans la manière de dresser et de régulariser les surfaces. Rien ne lui coûte pour rendre ses prairies parfaitement planes et unies. En même temps qu'il régularise ses surfaces par des déblais et des remblais, il s'efforce de donner à son terrain la plus forte inclinaison possible, redoutant l'horizontalité toujours défavorable à l'irrigation et à la bonne composition de l'herbe.

Et pourtant, veiller au bon aménagement des eaux, en vue des irrigations, était une idée qui, il y a un siècle, ne préoccupait nullement les esprits même les plus distingués.

(1) *Encyclopédie pratique de l'agriculteur*, par Moll et Gayot, t. IX, art. IRRIGATIONS, par M. Hervé-Mangon.

(2) A. Boitel, *Herbages et Prairies naturelles*.

Cependant, fait remarquer M. J.-A. Barral (1), les irrigations étaient certainement pratiquées avec soin dans quelques cantons. On en trouve la preuve dans les notes d'Arthur Young, qui, arrivant de Calais dans la Manche, écrit ceci : « Depuis Calais jusqu'à la Manche, je n'ai vu aucune irrigation qui ait de l'importance. De la Ville au Breil à Bessines, j'en rencontre pour la première fois. Plus l'eau abandonne vite le terrain, plus il y a amélioration. Les terres basses sont en progrès, mais on laisse subsister les joncs. La meilleure eau est la plus fraîche, celle qui sort immédiatement de sa source. On arrose rarement en hiver : on n'a qu'une coupe. Il est clair que la pratique des irrigations est ici très grossière (2). » L'écueil pour les irrigations est souvent de se procurer de l'eau, d'autant plus que c'est surtout là où les eaux manquent que cette pratique aurait les meilleurs effets. Toutefois, on peut utiliser les eaux de pluie qui sortent des champs, des cours et des terrains plus élevés et qui coulent en pure perte sur les chemins, ou bien on peut utiliser des ruisseaux et des rivières qui ne tarissent pas. Si l'on ne peut avoir de l'eau que pendant l'hiver, il sera souvent avantageux de la recueillir dans un réservoir creusé au haut des prairies, afin de s'en servir en temps convenable. Ce travail d'amélioration foncière suffit souvent pour doubler le produit et la valeur d'une prairie (3).

Comment agissent les eaux apportées au sol par les irrigations ?

1° En procurant au sol, dans la saison chaude et sèche, la fraîcheur et l'humidité dont il a besoin pour entretenir la vigueur de la végétation ;

(1) J.-A. Barral, *l'Agriculture, les prairies et les irrigations de la Haute-Vienne.*

(2) Art. Young, *Voyage en France*, trad. Lesage, t. II, p. 141.

(3) G. Lechartier, *Agriculture théorique et pratique.*

2° En prévenant, dans la saison froide, le trop grand refroidissement du sol et les effets des gelées blanches ;

3° En amenant dans le sol des substances propres à l'alimentation des plantes et agissant ainsi comme engrais, et en transportant ces substances dans l'organisme ;

4° En amenant aussi sur le sol des matières solides agissant comme amendement, et, par conséquent, capables de modifier la nature du sol et d'augmenter, d'une manière assez sensible, l'épaisseur de la couche végétale (1).

A l'état de nature, les plantes manifestent vis-à-vis de l'eau des exigences variables. Il en est qui vivent dans les déserts, se contentant des rares pluies qui y tombent à certaines époques de l'année (plantes grasses, agave, quelques graminées); d'autres, au contraire, habitent constamment les eaux : elles y restent complètement immergées (potamots, algues), ou bien elles émergent plus ou moins (riz, sagittaire, cresson de fontaine). D'une manière générale, nous pouvons dire que les graminées, les labiées, etc., exigent moins d'eau que les polygonées, les renoncules, les aroïdées, etc. (2).

Il nous faut dire un mot sur la nature et la qualité des eaux à employer, ainsi que sur la quantité à répandre sur une surface donnée.

L'eau d'irrigation apportant à la terre, outre la fraîcheur, une certaine quantité de principes dissous, sa nature est loin d'être indifférente. Quelques eaux renferment certains principes qui les rendent tout à fait nuisibles à la végétation. Les eaux de cette espèce sont heureusement rares, et il est d'ailleurs presque toujours facile de les améliorer.

(1) Is. Pierre, *Chimie agricole*, t. I, p. 178.

(2) Léon Dumas, *Éléments d'agriculture générale et d'horticulture*, p. 134.

On peut dire, d'une manière générale, qu'il est désirable que les eaux renferment surtout des matières minérales qui font défaut au terrain qu'elles doivent arroser.

Les eaux un peu alcalines, surtout quand elles renferment de la potasse, de l'avis de M. Mangon, sont excellentes; aussi, toutes choses égales d'ailleurs, les eaux des terrains anciens sont-elles ordinairement préférées à celles des autres formations.

Les eaux tufeuses ou riches en sulfate de chaux obstruent les pores des tissus végétaux, surtout lorsqu'ils sont jeunes, et laissent beaucoup à désirer pour les irrigations.

Les composés analogues aux tannins donnent aux eaux des qualités détestables ; c'est à la présence de ces corps que la plupart des eaux impropres aux arrosages doivent leurs mauvaises qualités.

La composition minérale des eaux est loin d'être l'origine principale de leurs qualités pour l'arrosage. On pourrait citer des eaux identiques au point de vue des sels minéraux et agissant très différemment sur des sols de même nature. Les gaz dissous, les matières organiques, l'ammoniaque et l'acide nitrique exercent, au contraire, une influence capitale sur la qualité des eaux au point de vue de l'arrosage. C'est généralement à l'état d'ammoniaque et d'acide nitrique, plus encore qu'à l'état de matières organiques, que les eaux apportent l'azote aux plantes des prairies.

Dans des essais faits sur deux prairies à Habeaurupt, dans les Vosges, la récolte ayant été de 8 639 kilogrammes par hectare pendant l'année 1860, la prairie a reçu un volume d'eau de 4 millions de mètres cubes.

En calculant l'azote contenu à l'état d'acide azotique et d'ammoniaque, on trouve par hectare :

Azote fourni par l'eau d'irrigation........	261k,116
Azote de la récolte......................	102 ,057
Différence en plus.....	159k,059

On peut conclure que d'une manière générale, en ce qui concerne la nature des eaux, dans le Midi, les eaux n'apportent aux récoltes qu'une faible partie des matières fertilisantes nécessaires à leur développement. Elles servent surtout à rafraîchir le sol, à rendre possibles les phénomènes d'absorption et d'évaporation indispensables à la vie des plantes, peut-être aussi à favoriser les réactions qui déterminent la fixation de l'azote atmosphérique dans la terre arable.

Dans les pays plus froids, les eaux d'irrigation remplissent véritablement le rôle de fournisseurs d'engrais; elles amènent toutes les matières fertilisantes nécessaires au développement des récoltes et à l'accroissement progressif de la richesse du sol : aussi, ne faut-il pas s'étonner de voir les cultivateurs choisir entre les différentes sources qu'ils ont à leur disposition, car les effets produits sont souvent très différents (1).

La température de l'eau semble exercer une très grande influence sur sa qualité au point de vue des irrigations. En général, plus la température de l'eau est élevée et plus elle semble favoriser la végétation. Les eaux dont la température est suffisamment élevée pendant la saison rigoureuse permettent de faire, dans les climats de nos contrées, des prés d'hiver d'une très grande valeur. La température des eaux d'arrosage mérite donc, au plus haut point, de fixer l'attention des observateurs.

De même que l'inspection des plantes naturelles d'un terrain donne de précieux renseignements sur sa nature, de même les plantes qui croissent dans les eaux peuvent donner une idée assez nette de leur qualité. On peut regarder en général comme très bonnes pour les irrigations les eaux où végètent en abondance le cresson de fontaine

(1) P.-P. Dehérain, *Cours de chimie agricole*, 1873.

(*nasturtium officinale*), l'épi d'eau (*potamogeton perfoliatus et fluitans*), les véroniques (*veronica anagallis et beccabunga*) et la renoncule aquatique (*ranunculus aquatilis*).

Les eaux où l'on trouve des roseaux, des patiences, des ciguës, des salicaires, la menthe, les scerpes et les joncs, sont moins bonnes que les premières.

Enfin, quand l'eau ne contient que des carex et des mousses, elle est généralement de mauvaise qualité. La végétation des bords des cours d'eau peut encore donner des renseignements très précis sur la qualité de l'eau. Si les bonnes plantes de prairies viennent naturellement sur le bord du ruisseau, il est bien certain que ses eaux seront utilement employées en arrosages (1).

Enfin les eaux de drainage, qui, ainsi que nous l'avons vu, sont très riches en matières fertilisantes, conviennent parfaitement aux irrigations. L'utilisation de ces eaux ne saurait être trop recommandée, car elle constitue un excellent moyen pour améliorer un sol manquant d'eau, par une autre terre qui en est surabondamment pourvue. Il faut, si la chose est possible, recueillir les eaux provenant des drainages dans des réservoirs, afin de pouvoir les utiliser en temps opportun, car les drainages ne fournissent pas toujours de l'eau dans les saisons où les irrigations en demandent. Elle varie non seulement avec les plantes, comme nous l'avons déjà vu, mais encore chez une jeune plante, avec l'âge de celle-ci. Les jeunes plantes en nécessitent plus que celles qui ont acquis leur entier développement.

D'ailleurs, il est à remarquer qu'il faudra plus d'eau à une plante dont on n'utilise que les racines ou les feuilles qu'à une plante à laquelle on demandera des fruits ou des

(1) Hervé-Mangon, *Encyclopédie pratique de l'agriculteur*, t. IX, art. IRRIGATIONS.

graines. C'est pourquoi il faut plus d'eau aux plantes racines et aux plantes fourragères qu'aux céréales, excepté le riz, qui est très exigeant sous ce rapport.

Les prairies, qui constituent en somme une association d'espèces tenues dans un état de perpétuelle jeunesse, sont par cela même très exigeantes en ce qui concerne l'eau. M. le comte de Gasparin admet comme donnée générale et pour le Midi qu'il faut donner un arrosage tous les quinze jours à la terre contenant 20 pour 100 de sable ; un tous les onze jours à celle en contenant 40 ; un tous les six jours à celle en contenant 60; un tous les trois jours à celle en contenant 80. M. de Gasparin admet, en outre, que chaque arrosage exige une couche de 8 à 10 centimètres, ou 800 à 1 000 mètres cubes par hectare, ce qui, pour 1 000 mètres, répondrait aux consommations d'eau suivantes par hectare, pour une période de 90 jours d'arrosage :

Mètres cubes.		Litres.	Terre contenant
12000	ou	0,77 par seconde,	20 p. 100 de sable.
16000	ou	1,03 —	40 —
30000	ou	1,92 —	60 —
60000	ou	3,83 —	80 —

De son côté, après avoir réuni de très nombreux documents sur la question, M. Hervé-Mangon pense qu'il suffit de pouvoir disposer par an de 5 000 mètres cubes d'eau par hectare de pré arrosé toute une saison, ce qui répond à un débit permanent de 34 à 51 centilitres par seconde. Mais, en posant ces chiffres, M. Mangon déclare qu'il a exclusivement en vue des prairies dont les eaux d'écoulement sont employées avec le minimum de perte possible.

Quand il s'agit d'irrigations limoneuses, il est certain que plus il y a d'eau, mieux cela vaut. Il faut, en outre,

considérer que, dans le Midi, il est tout naturel que l'irrigation consomme plus d'eau que dans le Nord (1).

Nous avons déjà mentionné le colmatage comme mode d'amélioration du sol en parlant des dessèchements par exhaussement du sol. C'est le moment de compléter ce sujet, car quoique le colmatage soit un véritable amendement, on procède à son emploi par irrigation, puisque l'eau est le véhicule des matières apportées au sol pour l'exhausser, le fertiliser, l'engraisser ou, pour mieux dire, l'améliorer.

Le *limonage* peut être intermittent ou continu. On entoure la prairie de petites digues, puis on fait arriver une submersion de 40 ou 50 centimètres de hauteur et on laisse dormir l'eau douze ou vingt-quatre heures. On se sert de vannes, de poutrelles ou de pertuis, afin de ne pas remuer les boues, qui restent au fond.

Le *colmatage* ou warpage, qui a été avantageusement appliqué dans la vallée de la Moselle et en Toscane, se fait avec des eaux très limoneuses. On construit de petites digues d'enceinte et de séparation. Il faut une pente assez considérable au canal d'amenée, environ un demi-millimètre, 2, 3 et même 4 millimètres par mètre, afin d'éviter les dépôts de gravier.

Le terrain étant divisé en bassins, l'eau est amenée et déversée dans le bassin supérieur, puis dans le suivant, et ainsi de suite. On peut ainsi former des couches de 40 et 50 centimètres.

Ces opérations s'exécutent généralement en hiver.

Avant d'ensemencer une étendue territoriale, il importe de la mettre en culture ; on y arrive par les défrichements ou les défoncements, suivant les cas ; ces opérations de mise en valeur des terres ont une grande importance.

(1) E. Lecouteux, *Principes de la culture améliorante.*

Le défrichement est l'opération culturale qui a pour but de convertir une friche ou terre inculte en terre cultivée.

On comprend sans peine que tous les sols aujourd'hui exploités ont été soumis à cette pratique, et bon nombre de terrains aujourd'hui improductifs y seront soumis un jour ou l'autre.

Le défrichement n'est pas une opération uniforme ; la manière d'y procéder varie nécessairement avec la nature des terrains auxquels il s'applique.

Lorsqu'on a à défricher des terrains tourbeux, l'assainissement préalable est d'absolue nécessité. Il s'agit donc d'avoir des tranchées profondes et nombreuses, de les laisser ouvertes pendant une année, avant de les empierrer et de les recouvrir.

Cela fait, on lèvera des gazons de 8 à 10 centimètres d'épaisseur, que l'on brûlera dès qu'ils seront suffisamment secs. On en répandra uniformément les cendres sur la friche, on y ajoutera de 80 à 100 hectolitres de chaux par hectare ; on labourera par un temps chaud, et, huit jours après le labourage, l'on hersera dans tous les sens. Par ces moyens, le desséchement du sol aura lieu, l'acidité de la tourbe disparaîtra, l'humus deviendra soluble, la chaux aussi, et l'on pourra, d'entrée de jeu, compter sur une belle récolte d'avoine et même sur deux récoltes successives.

Avec les terrains marécageux, mais non tourbeux, la mise en culture exige d'abord un assainissement énergique, par le moyen de rigoles profondes et de canaux de décharge. Dès que la charrue pourra y fonctionner, on devra labourer profondément et à plusieurs reprises, pendant l'été, afin de favoriser le desséchement du sol. On répandra une certaine quantité d'hectolitres de chaux sur le marais desséché. On mélangera le mieux

possible cette chaux avec la couche arable, à l'aide de hersages croisés ; puis on pourra demander en première récolte, ou une avoine non sujette à la verse, ou des colzas, ou des choux, ou des navets.

Nous ferons observer que, dans la plupart des cas, la mise en culture des terrains marécageux est une très lourde entreprise, à laquelle ne sauraient suffire les ressources des particuliers. A défaut de l'initiative de l'administration, les sociétés fortement constituées peuvent seules s'en charger.

Les friches sablonneuses, celles dont la terre mêlée avec de la chaux pourrait faire du mortier, sont ordinairement stériles et passent pour les plus ingrates entre toutes. Les communes d'Asnières et de Colombes, aux environs de Paris ; les départements compris dans l'ancienne province d'Anjou ; les campines anversoise et limbourgeoise (Belgique), en offrent de nombreux échantillons. Il suffit, dans certains cas, pour les transformer en terre arable, de les labourer dans un sens, de les labourer quinze jours après en travers, de ramasser quelques jours plus tard les racines de bruyères et les gazons qui peuvent s'y trouver, de les faire sécher, d'en former des tas de loin en loin, d'y mettre le feu après la dessiccation, et d'en éparpiller les cendres.

Cela fait, on étendra du fumier d'étable sur la défriche ; on l'y laissera passer l'hiver, puis on l'enterrera avec la charrue vers le mois de février ou de mars dans le sens du premier labour, et l'on y sèmera du sarrasin en été et du seigle en automne. On se trouverait bien d'ajouter au fumier de la poudre d'os, ou du guano, ou du noir animal.

L'essentiel, avec des terres de cette nature, c'est de fumer copieusement et chaque année avec des fumiers de vaches et de porcs, ou, à défaut de fumier, d'y enfouir

en vert une récolte, de temps en temps, avec de la chaux fusée.

Dans le cas où la marne ou l'argile ne serait pas à une grande profondeur, on devrait s'en approvisionner, la laisser à l'air pendant un an ou dix-huit mois, la remuer avec la bêche ou la houe, et s'en servir à petite dose pour donner peu à peu de la consistance au sable. Ces terres conviennent aussi aux semis de pins et de châtaigniers. Nous avons, en Bretagne, de ces terres nouvellement défrichées, où l'on sème de l'ajonc pour augmenter la masse des litières.

Dans la Campine belge, le *sable blanc* est consacré à la culture du pin sylvestre et du pin maritime, dont les feuilles forment avec le temps un humus qui consolide le terrain et le rend fertile (1).

Dans la Campine, qui nous offre des modèles de défricheurs, on enlève la bruyère avec le gazon, quand elle est vieille, et l'on en fait litière aux bêtes ; quand la bruyère est jeune, on l'enterre avec la charrue. Ce labourage de défoncement se fait en automne et en hiver, à cause de l'abondance et du bon marché de la main-d'œuvre. S'il y a du tuf sous la bruyère, ou si le nivellement l'exige, on défonce avec la bêche, on brise le tuf et on l'amène à la surface ; dans le cas contraire, on se sert d'une charrue que l'on fait suivre par une seconde charrue dite *fouilleuse*, *charrue-sous-sol* ou *charrue-taupe*, qui remue la terre vierge profondément, sans la ramener en haut. Ce procédé est expéditif et économique. En première récolte, on sème sur cette défriche un seigle avec engrais, ou bien l'on plante des pommes de terre, également avec engrais.

Quelques-uns se contentent de semer de la spergule

(1) P. Joigneaux, *le Livre de la ferme*, t, I, p. 187.

avec un peu de guano, la font patiner et la remplacent par un seigle fumé.

Pour les terrains calcaires, le plus souvent lorsque ces friches sont très caillouteuses, on peut opérer le défoncement avec une forte charrue ; mais lorsque la pierre s'y rencontre en blocs d'un grand poids, il convient de faire le défoncement à bras d'homme et à la profondeur de 50 centimètres. Dans ce travail, on doit commencer par *découvrir*, c'est-à-dire par mettre de côté la couche de terreau de la surface, afin de ne pas l'enterrer en pure perte.

Il est toujours de l'intérêt des cultivateurs d'opérer le défrichement des terrains calcaires à l'automne et de couvrir ensuite la défriche d'une couche de fumier de vache, que l'on enfouit au printemps (1).

Les terres incultes qui existent encore en France ne sont pas toutes, il est vrai, de première qualité, cependant on ne peut méconnaître l'utilité générale qu'il y aurait à les défricher.

Quelques agronomes ont émis, au commencement de ce siècle, des doutes sur les avantages du défrichement de ces terrains ; ils ont pensé qu'il y avait plus de profit à porter le progrès de la culture vers l'amélioration des terrains déjà cultivés que de donner de l'extension à ceux-ci. Mais, de nos jours, font remarquer MM. de Girardin et du Breuil (2), on pense avec raison que l'amélioration de ce qui existe n'exclut pas la création de nouvelles sources de richesse. D'ailleurs, le chiffre toujours croissant de notre population n'indique-t-il pas suffisamment que, tout en augmentant le rendement des sols déjà productifs, on doit aussi chercher à les étendre davantage, soit pour

(1) P. Joigneaux, ouvr. cité.

(2) Girardin et du Breuil, *Traité élémentaire d'agriculture*, t. I, p. 637.

maintenir l'équilibre entre la production du sol et les besoins de la consommation, soit pour augmenter le bien-être et l'extension de la population en rendant l'alimentation moins coûteuse?

LIVRE II

LES AMENDEMENTS ET LES ENGRAIS

CHAPITRE IV.

LES AMENDEMENTS.

Définition. — Écobuage. — Son but. — Effets chimiques et effets physico-mécaniques de l'écobuage. — Terres qui ont besoin d'être écobuées.

Amendements calcaires : — le chaulage, — les pierres calcaires, — chaux grasse, — chaux maigre, — chaux hydraulique. — Analyse élémentaire des chaux employées en agriculture. — Mode d'action de la chaux. — Action mécanique. — Action chimique. — Action du carbonate de chaux dans le sol. — Présence de la chaux dans les plantes cultivées. — Sols qui ont besoin d'être chaulés. — Les amendements calcaires sur les terres granitiques de la Bretagne. — Doses et époque des chaulages. — La tangue marine. — Son action, son emploi sur le littoral. — Les faluns et autres amendements calcaires.

Le marnage : les marnes. — Définition. — Marnes argileuses, — calcaires, — siliceuses, — magnésiennes, — gypseuses. — Essai des marnes. — Sols qui ont besoin d'être marnés. — Action mécanique et chimique des marnages. — Doses des marnages. — Le chaulage et le marnage. — Données économiques.

Les stimulants. — Le plâtre ou sulfate de chaux. — Action agricole du plâtre. — Ses effets sur les légumineuses. — Comment le plâtre agit sur la végétation. — Le plâtre et les engrais potassiques. — Recherches de M. Dehérain sur le plâtrage des plantes légumineuses.

Amender une terre consiste à modifier ses propriétés physiques et minéralogiques dans le but de rendre les en-

grais plus assimilables. Toutes les opérations appliquées au sol, toutes les substances qu'on y incorpore dans ce but, sont des amendements. Aussi, l'irrigation, le drainage peuvent-ils être considérés comme des amendements. Toutefois, nous réservons plus spécialement ce nom aux substances ou pratiques agricoles qui agissent surtout sur la nature minéralogique du sol. On comprendra que certains amendements puissent en même temps agir comme engrais, c'est d'ailleurs là le cas le plus général.

Les amendements les plus généralement appliqués sont :

L'écobuage ;

Le chaulage ;

Le marnage ;

Le plâtrage.

L'*écobuage* consiste à découper la croûte superficielle du sol avec la végétation qui le recouvre, en tranches minces, sécher ces plaques, puis les réunir en petits fourneaux dans lesquels on met le feu. On transforme ainsi les matières organiques en matières minérales, on métamorphose aussi l'argile en briques dont les effets physiques et mécaniques sont absolument comparables à ceux de la silice.

La transformation des matières organiques en matières minérales, plus facilement assimilables, a une grande importance dans les terres engazonnées tourbeuses et marécageuses, couvertes de bruyères, de genêts, de mousses ou d'ajoncs, sols dans lesquels la matière organique est trop abondante par rapport aux substances minérales ; l'écobuage rend les principes actifs de ces substances organiques assimilables et agit aussi comme engrais. Il agit principalement comme amendement dans les terres fortement chargées de matières organiques participant de la nature minéralogique glaiseuse, argileuse, argilo-mar-

neuse, enfin qui pèchent par un excès de ténacité. L'écobuage rend ces sols friables, car l'argile subit une transformation complète, au point que, même en l'humectant, elle ne peut plus recouvrer ses propriétés caractéristiques.

Outre ces effets chimiques et physico-mécaniques, l'écobuage a encore une action culturale proprement dite fort importante. Il débarrasse le sol des mauvaises herbes et des germes de celles-ci, ainsi que des insectes nuisibles et de leurs larves.

Toutefois, si la pratique de l'écobuage peut rendre de grands services lorsqu'on l'applique avec discernement, il importe de ne l'utiliser qu'à bon escient. Ainsi, sur les terres riches en silice, l'action du feu, surtout si elle est intense, transforme celle-ci en une espèce de verre, et cette vitrification stérilise le sol dans une mesure plus ou moins large. Par cela même, est-il recommandé de ne pas produire une trop forte chaleur dans l'opération de l'écobuage, car tous les sols renferment l'élément siliceux, et tous, par conséquent, sont susceptibles d'être ainsi stérilisés.

Appliqué sur une terre franchement tourbeuse, l'écobuage demande encore certaines précautions, car il peut se produire des incendies souterrains susceptibles de se propager à de grandes distances, la tourbe étant, comme on le sait, éminemment combustible.

La pratique de l'écobuage n'est pas nouvelle, puisque Virgile la recommandait déjà il y a bientôt deux mille ans et en vantait les bons effets dans certaines terres.

La pratique de l'écobuage comprend : 1° le découpage de la croûte gazonnée ; 2° le séchage des plaques ; 3° la formation des fourneaux ; 4° la mise en feu ; 5° l'épandage des cendres.

L'écobuage est souvent appliqué aux défriches des landes. Les plantes qui réussissent le mieux après cet

amendement sont les colzas, les turneps, les navets, etc. ; toutefois, il est préférable d'y semer des plantes fourragères, qui, d'ailleurs, viennent très bien dans ces conditions. Cela est d'autant plus recommandable que, ces plantes étant en grande partie transformées en fumier dont le terrain écobué peut profiter, on évite l'épuisement trop prompt de celui-ci.

Nous avons déjà insisté sur le rôle physique et mécanique du calcaire dans les terres arables, nous aurons à y revenir en parlant des engrais ; pour le moment, qu'il nous suffise de dire qu'un sol manquant de carbonate de chaux n'est pas un sol complet : les amondements calcaires sont donc de première importance ; les plus employés sont : la chaux et la marne.

Le chaulage a pour objet de mélanger de la chaux à la terre arable.

On obtient la chaux en soumettant à l'action de la chaleur, dans des fours, les pierres dites *calcaires*, c'est-à-dire le carbonate de chaux ; l'acide carbonique se dégage, et il reste la chaux vive ou oxyde de calcium, qui se trouve du même coup débarrassé de l'eau dont la pierre calcaire était plus ou moins chargée avant la cuisson.

Les pierres calcaires sont excessivement variées, on en rencontre dans un grand nombre de formations géologiques, les tufs quaternaires, les craies vertes, glauconifères, craie tufau, craie blanche, le calcaire pisolithique de l'étage crétacé ; les calcaires néocomiens, les calcaires wealdiens, les calcaires portlandiens de l'étage oolithique supérieur, les calcaires coralliens de l'oolithe moyenne, le calcaire liasique, les calcaires conchyliens de l'étage triasique, les calcaires permiens, etc., etc. Comme on le voit, les pierres calcaires ne manquent pas, mais, comme elles sont plus ou moins mélangées de silice, d'argile, de magnésie, etc., elles fournissent, cela va sans dire, des

chaux de différentes qualités, qui, on le comprend sans peine, ne peuvent être indifféremment employées en agriculture.

ANALYSES DE DIVERS CALCAIRES.

Calcaire coquillier du trias.

Substances.	Proportions p. 100.
Carbonate de chaux	45,39
Sulfate de chaux	0,78
Phosphate de chaux	0,11
Carbonate de magnésie	39,65
Silice soluble	0,19
Alumine	0,33
Fer	0,73
Potasse	0,21
Chlorure de sodium	0,27
Silice insoluble	8,21
Substances organiques	0,07

Calcaire à gryphées du lias.

Carbonate de chaux	82,59
Sulfate de chaux	1,29
Phosphate tribasique de chaux	0,43
Carbonate de magnésie	1,89
Silice soluble	0,11
Alumine	0,53
Oxyde de fer	1,90
Potasse	0,15
Chlorure de sodium	0,33
Silice insoluble	10,95

Calcaire crétacé (environs de Reims).

Carbonate de chaux	66,70
Phosphate tribasique de chaux	2,00
Hydrate de peroxyde de fer	2,00
Alumine	2,30
Silice	27,00

On obtient la chaux en soumettant les calcaires à une haute température dans des fours à chaux. L'acide carbo-

nique, très instable, est chassé par la calcination et il reste de la chaux plus ou moins pure :

$$CO^2CaO = CO^2 + CaO.$$

A vrai dire, il y a autant de chaux que d'espèces ou variétés minéralogiques de calcaires, nous ne pouvons les passer toutes en revue, voici toutefois les quatre principales :

1° La *chaux grasse* ou chaux pure. Elle est blanche, se délite facilement dans l'eau et foisonne beaucoup par l'extinction. Cette chaux, traitée par l'acide chlorhydrique étendu d'eau, se dissout presque complètement sans effervescence; de plus, la dissolution, évaporée à sec et reprise par l'eau, ne laisse pas de résidu ;

2° La *chaux maigre* ou chaux siliceuse ; elle est de couleur grise ou brunâtre, se délite moins facilement que la précédente et augmente peu de volume par l'extinction. Traitée par l'acide chlorhydrique étendu comme il est indiqué plus haut, la chaux maigre laisse un résidu siliceux plus ou moins grossier. D'une manière générale, l'emploi agricole de la chaux maigre exige des quantités plus considérables que la chaux grasse ;

3° La *chaux hydraulique* ou chaux argileuse ; elle est plus ou moins jaune suivant la quantité d'argile qu'elle renferme, elle se délite difficilement et augmente peu de volume par l'extinction. Dans l'acide chlorhydrique cette chaux se dissout en laissant un résidu dont l'abondance varie ; la liqueur obtenue évaporée à sec donne un résidu qui, traité par l'eau, laisse de 10 à 25 et même 30 pour 100 d'argile insoluble ;

4° Enfin, la *chaux magnésifère*, qui est grise ou brunâtre. Elle se dissout presque complètement dans l'acide chlorhydrique ; si l'on vient alors à verser un peu d'ammoniaque dans la dissolution, on obtient un précipité notable, blanc et floconneux, ammoniaco-magnésien. Cette chaux

agit d'une manière très active, mais elle doit être employée avec ménagement, car, si elle n'est pas suivie de fortes fumures, comme toutes les chaux d'ailleurs, mais, plus que toute autre, elle épuise le sol.

Comme on le voit par ce qui précède, la nature de la chaux a une grande importance, il est donc de la plus grande utilité d'en faire l'analyse. Berthier a indiqué une méthode d'analyse fort simple, suffisamment exacte pour les besoins de l'agriculture. Voici, d'après M. St. Meunier, en quoi consiste ce procédé :

La pierre calcaire, réduite en poudre, est passée au tamis. On en délaye 10 grammes dans un peu d'eau, puis on ajoute peu à peu, en agitant constamment, de l'acide acétique ou, à son défaut, de l'acide nitrique ou de l'acide chlorhydrique convenablement étendu. On cesse d'introduire de l'acide quand la magnésie ne fait plus effervescence. On évapore à une douce chaleur jusqu'à consistance un peu épaisse, afin de se débarrasser de la plus grande partie de l'acide mis en excès. On délaye dans un demi-litre d'eau ; on filtre pour rassembler et laver, l'argile que l'on pèse quand elle est desséchée à l'air ; on la calcine au rouge dans un creuset ; puis on la pèse de nouveau ; la perte qu'elle a subie par la calcination représente l'eau qui s'y trouvait combinée. Dans la liqueur filtrée on verse de l'eau de chaux tant qu'il se forme un précipité ; on filtre aussi rapidement que possible, et on lave le dépôt retenu sur le papier avec de l'eau distillée ou de l'eau de pluie. Ce précipité est de la magnésie, mêlée aux oxydes de fer et de manganèse, s'il s'en trouve dans la pierre examinée ; on calcine au rouge et l'on pèse. Maintenant, on prend 5 autres grammes de la pierre calcaire, on les calcine à la chaleur blanche dans un creuset de platine, et l'on détermine le poids du résidu ; ce qui manque répond à l'acide carbonique et à l'humidité chassée par l'action du

feu. Comme on a opéré seulement sur 5 grammes pour connaître la quantité de chaux, il ne s'agira plus que de retrancher du double de ce poids celui de l'argile dosée directement (1).

Ce qu'il importe surtout de demander à une chaux quelconque qui doit être utilisée comme amendement, c'est qu'elle soit dans un état de grande division, ou tout au moins qu'elle soit susceptible de se diviser promptement dans le sol.

Comment agit la chaux dans les sols auxquels on l'incorpore ? Son action est multiple ; elle agit par elle-même sur la végétation, elle agit, en outre, sur les éléments de la terre arable.

Dans la terre, elle rencontre des matières organiques et des matières minérales sur lesquelles son action est loin d'être la même. En ce qui concerne les premières, Davy a montré, par l'expérience, que les matières fibreuses végétales, épuisées par l'eau de toutes leurs parties solubles, sont susceptibles d'en fournir une nouvelle quantité, après qu'on les a laissées macérer pendant quelque temps en présence de la chaux. Cette dernière substance, fait remarquer M. Is. Pierre, en vertu de sa tendance à rendre solubles une foule de matières organiques difficilement décomposables, peut donc, par cela même, transformer ces matières en produits facilement assimilables, en véritables engrais.

Sous l'influence d'une humidité convenable, elle fait passer à l'état d'ammoniaque l'azote contenu dans les matières végétales qui eussent pu résister, pendant très longtemps, à la décomposition spontanée.

Puisque la chaux désorganise avec une si grande facilité les matières végétales, elle doit produire de bons effets

(1) St. Meunier, *la Terre végétale*, p. 54.

dans les sols nouvellement défrichés, où se trouve une grande quantité de feuilles, de racines et d'autres débris, dans les prairies que l'on retourne, dans les pâtis que l'on destine à l'agriculture ; dans tous les sols, enfin, riches en matières végétales surabondantes, ou en mauvaises herbes qu'il est important de décomposer au profit des récoltes.

A cause de cette même action, il faut se garder de l'employer à très haute dose, surtout au moment des semailles, parce qu'elle pourrait désorganiser les radicelles des jeunes plantes et les faire périr.

Si la chaux possède un pouvoir désorganisateur si considérable, il est évident qu'une dose trop forte aurait pour effet d'agir à la fois sur une très grande masse de matières ; qu'il en pourrait résulter une quantité de principes organiques solubles trop considérable pour être complètement absorbée par les plantes de la récolte au profit de laquelle on les voudrait utiliser. Comme ces principes solubles résistent ensuite beaucoup moins à la décomposition en produits gazeux et volatils, il en résulte que l'on aura ainsi emprunté au sol une somme de richesses supérieure à celle qui était réellement utile, et qu'il se trouvera d'autant plus appauvri aux dépens des récoltes qui suivront. C'est pour avoir méconnu ce fait que plusieurs cultivateurs ont considérablement dégradé leurs terres, et, par suite, ont reproché au chaulage des inconvénients dont leur maladresse ou leur ignorance était seule coupable (1).

(1) L'emploi de la chaux ne dispense pas de celui des engrais organiques. Son action sur les matières organiques nous montre, au contraire, que la chaux, sans l'addition d'engrais, appauvrit la terre d'autant plus rapidement qu'on l'emploierait à dose plus élevée. Un propriétaire intelligent agirait donc avec prévoyance en interdisant à son fermier l'usage de la chaux pendant les dernières années de son bail, afin d'en prévenir les abus.

Ces effets, et par suite la dose de chaux la plus convenable, devront donc nécessairement varier avec la nature chimique du sol naturel, et avec celle du sol modifié par les cultures antérieures.

On comprend bien pourquoi les terrains les plus sensibles à l'action de la chaux sont les sols argilo-siliceux, les terres de lande et de bruyère, et certains sols tourbeux égouttés. C'est également en vertu de ce pouvoir désorganisateur de la chaux, qu'on la fait entrer dans une foule de composts, avec toute sorte de débris végétaux que l'on veut transformer en engrais plus actifs (1).

L'action de la chaux sur les éléments minéraux du sol est non moins curieuse :

La chaux, en se combinant avec une partie des éléments de l'argile, la rend soluble, et, ce qui est peut-être encore plus digne de remarque, met en liberté la plus grande partie des alcalis (soude de potasse) que les argiles contiennent habituellement au nombre de leurs principes constitutifs.

Ces expériences, dues à Fuchs, de Munich, permettent d'expliquer les propriétés des chaux hydrauliques et l'action de la chaux caustique sur une partie des éléments des terres labourables. La chaux nous offre donc un moyen précieux de rendre solubles les alcalis nécessaires au développement des plantes.

Certaines chaux hydrauliques abandonnent à l'eau une si grande quantité d'alcali caustique, lorsqu'on les y laisse pendant quelque temps, qu'on pourrait se servir de cette eau pour lessiver le linge.

La solubilité de la chaux vive dans l'eau froide lui permet de se répartir peu à peu dans toute la couche arable. L'eau froide dissout environ un millième et demi de son

(1) Isidore Pierre, *Chimie agricole*, 1882, t. I, p. 217 et suiv.

poids de chaux vive, d'après M. Boussingault. Si nous admettons que la quantité d'eau qui pénètre dans le sol arable, pendant le cours d'une année, représente une couche de 50 centimètres d'épaisseur, cette eau serait capable de dissoudre, par hectare, plus de 7 500 kilogrammes de chaux, c'est-à-dire la totalité d'un chaulage ordinaire. Mais comme toute cette eau ne tombe pas à la fois, la quantité de chaux dissoute en un moment donné est, en réalité, beaucoup moindre, et la dissolution n'est que successive, ou plutôt, la majeure partie de la chaux échappe à cette facile dissolution en passant à l'état de carbonate.

Lorsque la chaux vive, solide ou en dissolution, est exposée au contact de l'air, elle en absorbe l'acide carbonique et repasse à l'état de carbonate comme avant sa cuisson; mais elle a, sur les calcaires ordinaires, l'important avantage physique de se trouver sous la forme d'une poudre très fine, dont la ténuité dépasse de beaucoup celle des calcaires pulvérisés par des moyens mécaniques les plus énergiques, et en outre, cette grande division peut s'obtenir presque sans frais. Cet état pulvérulent permet une répartition plus uniforme dans le sol, et augmente ainsi l'efficacité de son action.

Une fois introduite et intimement mêlée à la terre, la chaux doit se carbonater promptement et en totalité, parce que le sol et l'eau dont il est imbibé renferment toujours une assez forte proportion d'acide carbonique (1). En définitive, et bien qu'en principe on agisse sur de la chaux caustique, c'est réellement du carbonate de chaux extrêmement divisé qu'on introduit dans le sol, et les effets énergiques et spéciaux que nous signalions précé-

(1) Voir chapitre II, page 180 : *Acide carbonique contenu dans les terres arables.*

demment ne se font guère sentir d'une manière appréciable au-delà de la première année.

Les chaux employées en agriculture renferment en moyenne 97 pour 100 de chaux pure. Ces 97 kilogrammes se transforment dans le sol, en se combinant à l'acide carbonique, en 173 kilogrammes de carbonate pulvérulent, 28 kilogrammes de chaux se combinant à 22 kilogrammes d'acide carbonique, pour former 50 de carbonate de chaux, 97 kilogrammes de chaux donnent : $\frac{97 \times 50}{28}$ ou 173 kilogrammes de carbonate, l'hectolitre de chaux pesant 80 kilogrammes.

A l'état de carbonate, la chaux peut remplir, dans le sol, quatre fonctions principales :

1° Elle peut, dissoute dans l'eau, à la faveur d'une petite quantité d'acide carbonique, être absorbée par les spongioles des racines, et contribuer ainsi directement à la nutrition des plantes;

2° Elle peut neutraliser l'acidité que l'on a souvent signalée dans certains sols, et permettre ainsi à ces derniers de nourrir des plantes plus délicates ;

3° En présence des matières organiques azotées en voie de décomposition, elle peut faciliter la production des nitrates, dont l'efficacité sur la végétation est maintenant bien constatée;

4° Enfin, avant d'être carbonatée, la chaux doit faire périr aussi les larves et les œufs d'une foule de petits insectes (1).

Outre son action sur les éléments organiques et minéraux du sol, la chaux, avons-nous dit, agit encore par elle-même sur la végétation, en ce qu'elle constitue pour les plantes un véritable aliment. En effet, on retrouve cette substance dans les cendres des végétaux et on peut en dé-

(1) Isidore Pierre, ouvr. cité.

duire par cela même quelle est la quantité de chaux que nos récoltes prélèvent annuellement sur le sol. Le tableau suivant en donne une idée :

Noms des plantes cultivées.		Chaux dans 100 parties de cendres.	Chaux enlevée au sol sur un hectare.
			k
Pomme de terre		1,8	2,2
Topinambour		2,3	7,6
Froment.	Grain	2,9	0,8
	Paille	8,5	16,6
Avoine.	Grain	3,7	1,6
	Paille	8,3	5,4
Fèves		5,1	3,2
Haricots		5,8	3,2
Betteraves		7,0	14,0
Pois		10,1	3,1
Navets		10,9	5,9
Colza		17,1	74,4
Trèfle		24,6	76,3
Sainfoin		35,2	147,8
Luzerne		50,0	150,2

Quels sont les sols sur lesquels le chaulage donne de bons résultats ?

D'une manière générale on l'appliquera sur toutes les terres où l'élément calcaire fait défaut, et en particulier sur les sols fortement argileux dont la chaux dissocie les éléments. Sur les terres argilo-siliceuses et les sols tourbeux, la chaux réussit toujours.

D'ailleurs les sols qui ne contiennent pas de chaux ou qui en contiennent des quantités insuffisantes abondent en fougères, genêts, bruyères, digitales, petits joncs, laîches, chiendents, joncs, oseilles rouges, mousses, etc. Or il est à remarquer que ces végétaux ne tardent pas à disparaître dans les terrains chaulés, car elle agit comme poison sur les plantes précitées. Il est à remarquer aussi que la présence de la chaux dans un sol empêche le châtaignier d'y croître.

La constitution géologique d'une région peut fournir et fournit d'excellentes indications sur l'opportunité des chaulages. Il est évident que les terres provenant de la désagrégation des roches éruptives dans lesquelles le feldspath, le quartz et le mica dominent, tireront toujours grand avantage de l'apport de la chaux ; tels les sols granitiques, gneissiques, schisteux, etc. Ainsi le sol de la Bretagne est dans ce cas ; il n'est fertile que là où on a pu appliquer les amendements calcaires. L'emploi de la chaux sous différents états a peu à peu formé sur le littoral du nord de la Bretagne, entre Saint-Malo et Brest, une bande de 30 à 40 kilomètres de largeur, qui contraste par sa fertilité avec la pauvreté de l'intérieur. On l'a nommée la *Ceinture dorée*. Là, dit M. E. Risler, point de landes, peu de prairies, peu de bétail. Des céréales à perte de vue devant la mer, voilà l'aspect.

Cette ceinture dorée montre ce que pourrait devenir la Bretagne tout entière, si les phosphates et les calcaires y étaient répandus partout. C'est une question de transport. Les chemins de fer lui amènent, outre le maerl et la tangue, la chaux qui vient de la Mayenne ou des bords de la Loire. Malheureusement pour l'agriculture, au lieu de faire une grande ligne centrale qui, dirigée sur Brest, aurait traversé les régions les plus dénuées de moyens de transport et qui aurait communiqué, par des embranchements, avec les principales villes des côtes du Nord et du Sud, on a fait deux lignes qui longent ces côtes et qui, de plus, appartiennent à deux compagnies différentes. Il faut souhaiter que, pour corriger cette faute, on les réunisse par le plus grand nombre possible de lignes transversales.

Il reste encore aujourd'hui en Bretagne 2 600 000 à 2 700 000 hectares dont le sol est incomplet.

Cette région est forcée de se contenter des productions qui n'ont pas besoin de beaucoup de chaux et d'acide

phosphorique. Son système de culture tout entier, celui que le comte de Gasparin appelait le « système celtique », dépend de cette pauvreté chimique.

A l'époque des Druides et de la conquête romaine, l'Armorique (le pays de la mer) était, dit-on, couverte d'immenses forêts. Mais aujourd'hui elle est loin d'être, comme la dépeint encore le vers de Brizeux :

La terre de granit recouverte de chênes.

Elle n'a plus que 200 000 hectares de bois et forêts, et la plupart de ses chênes classiques ne sont que des têtards tordus et ébranchés, alignés avec des châtaigniers, des hêtres et des ajoncs sur les *fossés* qui entourent les fermes. Ailleurs, c'est la lande qui a remplacé la forêt (1).

C'est également par les chaulages qu'on parvient à améliorer, ou plutôt à transformer les sols ingrats des Landes, du Morvan, de la Sologne, etc.

Le tableau ci-après, dont les données sont empruntées à M. Puvis, montre l'influence de la chaux sur la production des récoltes.

La quantité de chaux à répandre par hectare est excessivement variable ; toutefois, il importe de ne pas l'exagérer, surtout si on ne dispose pas d'énormes quantités de fumier ; car, nous le répétons, l'emploi de la chaux ne dispense pas, bien loin de là, de l'emploi des engrais organiques.

En Angleterre, on chaule souvent les terres très tourbeuses à raison de 300 hectolitres par hectare, 200 dans les terrains argileux et 150 dans les sols légers.

En Allemagne, les chaulages se font tous les quatre ans, à la dose de 10 hectolitres par hectare en moyenne. Dans les environs de Dunkerque, on met environ 50 hec-

(1) E. Risler, *Géologie agricole*, t. I, p. 84.

PRODUITS COMPARATIFS DE LA CULTURE DES SOLS CHAULÉS ET NON CHAULÉS. (Tableau XVIII.)

INDICATION des SOLS CULTIVÉS.	RÉCOLTE DE DEUX ANS en produits secs.	LE POIDS DES ENGRAIS supposés absorbés entièrement étant retranché, il reste pour matières sèches provenant de l'absorption dans le sol ou l'atmosphère :	MATIÈRES SALINES FIXES contenues dans les récoltes, à raison de 21k,500 par 500 kilogrammes, d'après toutes les observations.	EN RETRANCHANT, des matières salines, les sels solubles fournis par les fumiers, qui, d'après Kirwan, donnent 2 p. 100 de sels solubles, on a pour sels solubles venant de l'absorption dans le sol :
		I. AVANT LE CHAULAGE.		
Sol de 3e classe, où la jachère revient tous les deux ans, avec 24 quintaux d'engrais secs par hectare, représentés par 120 q. de fumier frais = 24 de substances sèches et 96 part. d'eau.	42 quintaux (seigle, paille et blé noir).	18 ntaux.	90 kil. ainsi composés : Sels insolubles 45 k. Sels solubles.. 45 k.	45 k.—24 k. des fumiers = 21 k.
Sol de 2e classe, sans jachère, avec 48 quintaux d'engrais secs par hectare, représentés par 240 q. de fumier frais = 48 de substances sèches et 192 d'eau....	130 quintaux (froment, maïs ou pommes de terre).	82 quintaux.	279k,500 ainsi composés : Sels insolubles 139k,750 Sels solubles.. 139k,750	139k,750 — 48 k. des fumiers = 91k,750.
Sol de 1re classe, sans jachère, avec 64 quintaux d'engrais secs par hectare, représentés par 320 q. de fumier frais = 64 de substances sèches et 256 d'eau....	240 quintaux (grains, paille, raves ou fourrag.)	176 quintaux.	510 kil. ainsi composés : Sels insolubles 258 k. Sels solubles.. 258 k.	258 k.—64 k. des fumiers = 194 k.
		II. APRÈS LE CHAULAGE.		
Sol de 3e classe....	130 quintaux.	106 quintaux.	279k,500 ainsi composés : Sels insolubles 139k,750 Sels solubles.. 139k,750	139k,750 — 24 k. des fumiers = 115k,750.
Sol de 2e classe................	200 quintaux.	152 quintaux.	434 kil. ainsi composés : Sels insolubles 217 k. Sels solubles.. 217 k.	217 k.—48 k. des fumiers = 169 k.
Sol de 3e classe................	300 quintaux.	236 quintaux.	645 kil. ainsi composés : Sels insolubles. Sels solubles.	322k,500 — 64 k. des fumiers = 258k,500.

tolitres par hectare, tous les dix ou douze ans ; dans la Sarthe, environ 8 hectolitres tous les trois ans.

On peut dire qu'en moyenne la quantité de chaux à répandre par hectare et par an est de 4 hectolitres. Il est certain que les chaulages faibles, mais souvent répétés, agissent mieux ; ils évitent les graves déboires que l'emploi exagéré de la chaux a souvent produits.

Les chaulages peuvent se faire à n'importe quelle époque ; toutefois, on les pratique généralement en automne sur les chaumes de céréales ; les labours de déchaumage enterrent cet amendement à une profondeur suffisante.

Le mode d'emploi de la chaux est quelque peu variable. Habituellement, lorsque la terre est libre et que l'on peut attendre la fusion de la chaux vive, on distribue celle-ci en en formant de petits tas de 100 à 150 kilogrammes, que l'on recouvre de quelques pelletées de terre et que l'on abandonne à eux-mêmes ; les cultivateurs soigneux font boucher les crevasses qui apparaissent, avec un peu de terre. Au bout de quelques jours ou de quelques semaines, suivant la saison et le temps qui règne, la chaux est bien pulvérisée. On mélange ensuite la terre de recouvrement avec la chaux ; s'y trouve-t-il encore des mottes n'ayant pas fusé, on les recueille et on les arrose, afin de les déliter. On répand ensuite la chaux à la pelle le plus uniformément possible par un temps sec et un air tranquille (1).

Un autre moyen de chauler les terres est d'incorporer la chaux dans un compost formé de débris végétaux, de terres, de vases, de curures de fossés, balayures, tourbes et autres matières dont on veut hâter la décomposition ; on emploie la chaux à raison d'une partie pour une partie de matières organiques ; il faut avoir soin de former des lits ou stratifications alternatives, en s'arrangeant

(1) Ad. Damseaux, *Manuel d'agriculture générale*, 1884.

de manière que la couche inférieure et la couche supérieure soient exclusivement composées des matières organiques les plus difficilement décomposables. Ces tas portent dans quelques pays le nom de *tombes*. La chaux ainsi incorporée dans le tas de compost, y occasionne une notable augmentation de volume, donnant parfois lieu à des crevasses qu'il faut avoir soin de boucher. On recoupe tout le tas au bout d'une quinzaine de jours, en ayant toujours soin de le recouvrir de terre. Le compost sera employé au bout de deux ou trois mois.

D'après M. Jamet, les composts dont la chaux fait partie sont d'autant meilleurs, qu'ils ont été recoupés un plus grand nombre de fois.

Lorsqu'on manque de détritus, terreaux, gazons, etc., pour former ces tombes, on laboure une certaine étendue de terrain, en choisissant la partie la plus élevée des champs, afin, fait remarquer M. V. Borie, que l'enlèvement ne produise pas d'excavation. C'est ce qu'on appelle dans le Cotentin, où l'usage des *tombes* est très répandu, *retourner la chancière*. Cette terre ameublie, relevée à la pelle, sert à confectionner la tombe, qui se fait aussi en ensevelissant la chaux au centre d'une butte de terre (1).

Toutefois, quel que soit le moyen employé pour incorporer la chaux au sol, cette opération doit toujours se faire par un temps sec, afin d'éviter qu'elle se pelotonne et pour que sa répartition soit bien uniforme. Pour la mieux répartir, on fait suivre l'épandage par un bon hersage et, quelque temps après, un léger labour achève de la mélanger à la terre.

Lorsqu'il s'agit d'une terre qui doit recevoir une fumure d'engrais d'étable, on commence par chauler et ultérieurement on applique l'engrais : l'application simultanée de

(1) Victor Borie, *les Travaux des champs*, 1 vol. 1882.

la chaux et du fumier, fait remarquer M. Damseaux (1), pourrait donner lieu à des pertes, à cause de la décomposition trop rapide de celui-ci. Ces pertes sont surtout à redouter dans les terres légères peu absorbantes.

Mais la chaux ne se rencontre pas partout à proximité des terres où son emploi serait avantageux.

Dans bon nombre de localités on fait des chaulages à l'aide de *tangues* marines, dans d'autres, avec des *faluns*.

La tangue est un composé de sables plus ou moins fins, d'argiles micacées et de débris de crustacés, de madrépores, de coquilles, etc., roulés, broyés, triturés, malaxés par le mouvement incessant des flots, qui viennent les déposer partout où leur fureur se trouve paralysée et où la mer est ordinairement calme. Ainsi s'explique, dit M. St. Meunier, pourquoi la bonne tangue ne se forme pas sur tous les points du littoral, mais seulement dans les anses, dans les baies un peu profondes que forme l'embouchure des rivières, tandis que partout ailleurs on ne rencontre qu'un sable coquillier grossier commun à toutes les côtes maritimes. De là l'opinion erronée, généralement répandue, même parmi les gens instruits du pays, que c'est un produit fluviatile, un dépôt limoneux amené par les rivières.

L'examen attentif des matières qui composent la tangue, de la manière dont elle s'est formée, fait facilement reconnaître, au contraire, que c'est un dépôt purement marin, où les débris terrestres et d'eau douce ne viennent se mêler qu'accidentellement. En effet, les millions de mètres cubes de cette substance journellement déposés dans les baies du Mont-Saint-Michel, de Régneville, de Lessay, etc., dont les cours d'eau fort limités ne coulent exclusivement que sur un sol granitique et schisteux, dé-

(1) Ad. Damseaux, ouv. cité, p. 218.

montrent assez que le principal agent de sa formation est la mer, à laquelle elle doit surtout ses qualités fécondantes (1).

Les *faluns* sont des dépôts marins, très riches en coquilles. Ils renferment de 60 à 75 pour 100 de calcaire; du sable, de l'argile et des phosphates en quantité variable.

Ces dépôts faluniens appartiennent au terrain tertiaire. M. Ch. Lyell (2) les range dans le miocène supérieur. Leur épaisseur dépasse rarement 15 à 20 mètres. On les trouve surtout dans l'Indre-et-Loire, à Sainte-Maure, sur quelques points des Landes, de Maine-et-Loire, de Seine-et-Oise (Grignon).

Les agriculteurs utilisent ces sables coquilliers comme amendement calcaire, surtout dans le département d'Indre-et-Loire. On les répand à la dose de 10 à 60 mètres cubes par hectare.

Un autre amendement calcaire, très fréquemment employé, est la *marne*.

« La marne est un fumier naturel et divin, a dit Bernard Palissy, ennemi de toutes les plantes qui viennent d'elles-mêmes, et génératrice de toutes les semences qui ont été mises en terre par les laboureurs. »

Qu'est-ce au juste qu'une marne ? C'est un mélange naturel de carbonate de chaux, d'argile et de sable, possédant cette propriété caractéristique de se déliter, c'est-à-dire de se réduire en poudre fine quand elle est abandonnée à l'air pendant un certain temps.

La marne est onctueuse au toucher ; comme l'argile, elle happe à la langue lorsqu'elle est sèche ; comme le calcaire, elle laisse dégager de l'acide carbonique en faisant effervescence, lorsqu'on l'humecte avec de l'acide chlorhydrique.

(1) St. Meunier, *la Terre végétale; géologie agricole*, p. 57 et suiv.

(2) Ch. Lyell, *Abrégé des éléments de géologie*, 1875, p. 262 et suiv.

En définitive, la partie réellement utile de la marne est le calcaire qu'elle renferme ; suivant que les autres éléments constitutifs de cette substance sont plus ou moins abondants dans une marne, on distingue :

1° Les *marnes argileuses,* qui contiennent de 50 à 75 pour 100 d'argile et 10 à 15 pour 100 de calcaire; le reste étant du sable, ces marnes se délitent avec lenteur ;

2° Les *marnes calcaires,* qui renferment plus de 50 pour 100 de carbonate de chaux, le reste étant de l'argile et du sable ; elles se délitent très facilement ;

3° Les *marnes siliceuses* sont celles qui contiennent de 25 à 75 pour 100 de sable siliceux, et 10 à 50 pour 100 de calcaire ; elles sont très friables ;

4° Les *marnes magnésiennes,* qui renferment de 5 à 30 pour 100 de carbonate de magnésie. Ces marnes sont assez rares en France ; on les trouve, par contre, assez communément en Angleterre ;

5° Les *marnes gypseuses* sont celles qui renferment de 5 à 10 pour 100 de gypse ;

6° Les *marnes phosphatées ;*

7° Les *marnes humeuses.*

Toujours l'emploi des marnes a pour but d'apporter à un sol l'élément calcaire qui lui fait défaut ; toutefois, il est aisé de comprendre que les marnes argileuses devront être appliquées, de préférence, sur les terres légères, principalement de nature sableuse ; les marnes calcaires seront incorporées aux terres très pauvres en carbonate de chaux ; enfin les marnes siliceuses seront appliquées aux terres fortes, de nature argileuse, auxquelles elles donnent de la friabilité. Les marnes gypseuses sont répandues, de préférence, sur les prairies artificielles.

On voit, d'après ces données, qu'il est important de savoir se rendre compte de la nature chimique d'une marne. Le procédé le plus simple pour y parvenir est le suivant :

CARACTÈRES ET PROPRIÉTÉS DES DIVERSES VARIÉTÉS DE MARNES (d'après M. Pouriau). (Tableau XIX.)

VARIÉTÉS.	COMPOSITION.	CARACTÈRES PHYSIQUES ET CHIMIQUES.
1° Marnes calcaires.	50 0/0 de carbonate de chaux au minimum.	Blanches, vive effervescence avec les acides, adhèrent légèrement à la langue. Avec l'eau, pâte courte qui tombe en poussière en se desséchant.
2° M. argileuses.	50 0/0 d'argile au minimum.	Effervescence moins vive, happent à la langue. Avec l'eau, pâte liante et dure après dessiccation.
3° M. siliceuses.	30 à 70 0/0 de sable.	Généralement friables, donnent avec l'eau une pâte dépourvue de liant et s'écrasant sous la plus faible pression après dessiccation.
4° M. magnésiennes.	Éléments habituels associés à une proportion notable de carbonate de magnésie.	Marnes assez rares, jouissant sensiblement des mêmes propriétés que les marnes calcaires.
5° M. gypseuses.	Renfermant une proportion notable de sulfate de chaux.	Marnes rares; la dissolution acide de ces marnes donne avec le chlorure de baryum un précipité de sulfate de baryte.
6° M. phosphatées.	Contiennent au maximum 1 à 2 0/0 de phosphate de chaux tribasique.	Très rares; la dissolution acide, traitée par un excès d'ammoniaque, donne un précipité blanc, gélatineux, de phosphate de chaux.
7° M. humeuses.	Renfermant une proportion notable de matière organique en voie de décomposition.	Marnes assez rares, ne se rencontrant que dans les terrains les plus modernes.

On met dans un verre, avec de l'eau, 10 grammes de marne pesés sur une balance de précision ; on verse doucement dans le verre de l'acide chlorhydrique. Cette substance chasse l'acide carbonique du calcaire et forme, avec la chaux, un sel qui se dissout dans le liquide. L'effervescence terminée, on fait passer la liqueur à travers un filtre de papier placé dans un entonnoir en verre. Le dépôt qui reste sur le filtre contient toute la substance de la marne, moins le calcaire, dont le poids dès lors sera connu, si l'on pèse exactement ce dépôt.

ANALYSES DE QUELQUES MARNES. (Tableau XX.)

PROVENANCE.	EAU combinée.	SILICE.	ALUMINE.	OXYDE de fer.	CARBONATE de chaux.	CARBONATE de magnésie.	MATIÈRES organiques et alcalis.
Marne d'Argenteuil..	5,00	9,90	3,90	»	80,46	»	Traces.
— de Belleville..	»	46,03	17,28	5,70	27,64	»	»
— de Viroflay...	»	37,00	11,00	6,50	55,00	»	»
— de Tournay ..	4,50	25,40	14,00	»	55,63	»	Traces.

Pour y parvenir, on laisse sécher le filtre et on le brûle dans un creuset fermé. On pèse alors le dépôt, qui reste seul au fond du creuset, et, en extrayant cette pesée des 10 grammes sur lesquels on opère, on connaît par différence le poids du calcaire.

Il s'agit ensuite de déterminer celui de l'argile. Sachant que cette substance se compose d'alumine (oxyde d'aluminium), de silice, d'oxyde de fer et d'eau, et que l'alumine entre pour un tiers dans sa composition, on résoudra ce deuxième problème, on parviendra à déterminer le poids de l'alumine. Pour cela, on fera bouillir avec de l'acide sulfurique dans un ballon de verre le dépôt obtenu précédemment. Au bout d'une heure, l'alumine se trouve dissoute ; alors on filtre la liqueur ; on fait sécher, puis

brûler le filtre ; on pèse le dépôt. La différence qui existe entre ce deuxième dépôt et le premier exprime le poids de l'alumine, lequel, étant triplé, donne celui de l'argile (1).

L'analyse de la marne a pour conséquence celle du sol auquel on veut l'appliquer.

Il est évident que si un terrain est marneux par lui-même, comme cela se rencontre dans les cantons crayeux, il ne faut, dans aucun cas, lui administrer de la marne, à moins qu'étant très sablonneux, on ne veuille le rendre plus compact avec de la marne argileuse.

D'autre part, si, traitée par l'acide nitrique, une terre ne produit pas d'effervescence, on peut être assuré qu'elle n'a pas de carbonate de chaux et qu'un marnage approprié à sa nature lui sera très profitable (2).

Quels sont les sols qui ont besoin d'être marnés ? il n'y a guère que l'analyse chimique qui puisse répondre d'une manière bien précise à cette question. Les terres qui se trouvent bien des chaulages se trouvent également bien des marnages ; on pose généralement en principe que les terres qui renferment plus de 9 pour 100 de carbonate de chaux peuvent se passer d'amendement calcaire, et que celles qui en contiennent moins doivent être marnées jusqu'à ce qu'elles arrivent à présenter, dans leur composition, cette proportion de 9 pour 100 de calcaire (3).

L'action des marnages est mécanique et chimique.

L'action mécanique réside dans ce fait, que les marnes siliceuses ameublissent les terres fortes, tandis que les marnes argileuses donnent de la ténacité aux sols légers.

Il est hors de doute que la marne a une action chimique,

(1) E. Menault, *les Engrais. Manuel à l'usage des cultivateurs*, 1881.

(2) Th. Petit, *Agriculture, Engrais, Amendements*. Rapports sur l'Exposition universelle de 1878.

(3) D. Page et St. Meunier, *Géologie technologique*, 1877.

l'activité plus grande qu'elle communique à la végétation dans les premières années qui suit son emploi, et l'appauvrissement successif qu'éprouve ensuite le sol, si l'on n'a pas soin de le bien fumer, le prouvent d'une façon péremptoire. C'est pourquoi on dit souvent que « la marne enrichit les pères et ruine les enfants ». Toutefois on peut obvier à cet inconvénient en multipliant les fumures, car, comme la chaux, la marne hâte la décomposition des matières organiques, elle *brûle* les engrais.

D'après M. de Gasparin, à cette action chimique paraît s'en ajouter une autre : lorsqu'on abandonne une marne à l'air pendant quelque temps et qu'on vient ensuite à la lessiver, elle cède à l'eau du bicarbonate de chaux et laisse souvent aussi des traces manifestes de nitrate. Si, après l'avoir lessivée, on l'abandonne de nouveau à l'air, dans un état moyen d'humidité, la même marne fournit encore, au bout de plusieurs mois, une nouvelle quantité de bicarbonate et de nitrate de chaux.

M. de Gasparin conclut de là que c'est probablement en passant en partie à l'état soluble, par sa conversion continuelle en nitrate et en carbonate de chaux, que la marne agit chimiquement sur la végétation. Quant aux sources qui peuvent ainsi fournir l'acide carbonique nécessaire à cette transformation en bicarbonate, nous les trouvons partie dans l'air, partie dans les produits de la décomposition des matières organiques du sol (1).

Quoi qu'il en soit, lorsqu'on opère les marnages sur des sols entièrement privés de l'élément calcaire, comme, par exemple, ceux de la Sologne, les qualités physiques du sol changent en même temps que sa force productive. Il acquiert plus de ténacité, devient moins humide en hiver, moins sec en été et hâte l'action des engrais qu'on lui

(1) Isidore Pierre, *Chimie agricole*.

ajoute. Sur les cultures de céréales et les prairies, la marne produit des effets fort remarquables. On est arrivé avec cet amendement à transformer des terres à seigle médiocres en excellentes terres à froment. Le Norfolkshire, en Angleterre, est tout à fait dans ce cas; là les marnages doivent être renouvelés tous les quinze ou vingt ans, car l'action de la marne, comme celle de la chaux du reste, diminue graduellement à mesure que le carbonate de chaux est absorbé par les récoltes successives qu'on demande au sol.

L'avoine et l'orge, surtout l'avoine, réussissent très bien après un marnage. Il en est de même des prairies artificielles, surtout lorsque le marnage a été précédé d'une forte fumure.

Comme la chaux, la marne est une substance précieuse, lorsqu'on sait l'utiliser judicieusement. Il faut éviter avec soin de l'employer à trop haute dose, ou sur des terres qui en renferment déjà suffisamment, car on s'exposerait aux plus graves mécomptes.

La dose des marnages doit être calculée d'après la teneur du sol en calcaire, la richesse même de la marne et la profondeur du labour. La quantité x représentant le nombre d'hectolitres à appliquer par hectare sera égale à

$$x = \frac{1000 . P . (C' - C)}{Q},$$

formule dans laquelle P est en centimètres la profondeur du labour; C, la teneur du sol en calcaire pulvérulent; C', la teneur à laquelle on veut l'amener par le marnage, et Q, la teneur de la marne en calcaire délitable.

Le tableau ci-contre donne ces calculs tout faits.

La marne est déposée dans les champs avant l'hiver, en petits tas; on ne l'incorpore que lorsqu'elle est entièrement délitée. Alors, et ceci a lieu généralement au prin-

temps, on répand la marne, à la pelle, aussi uniformément que possible, par un temps sec ; on donne plusieurs hersages, et on achève de l'enfouir par un labour peu profond.

Tableau XXI.

LORSQUE 100 PARTIES de marne contiennent en carbonate de chaux :	NOMBRE DE MÈTRES CUBES DE MARNE PAR HECTARE nécessaires à la couche de terre labourable d'une épaisseur de :					
	10 cm.	12 cm.	14 cm.	16 cm.	18 cm.	20 cm.
10...........	200,0	240,0	280,0	320,0	360,0	400,0
20	100,0	120,0	140,0	160,0	180,0	200,0
30....	66,7	80,0	93,3	106,7	120,0	133,3
40...........	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
50...........	40,0	48,0	56,0	64,0	72,0	80,0
60...........	33,3	40,0	46,7	53,3	60,0	66,7
70...........	28,6	34,3	40,0	45,7	51,4	57,2
80...... ...	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
90...........	22,2	26,4	30,9	35,4	39,9	44,4

Comme pour la chaux, on peut encore faire entrer la marne dans les composts, en prenant les mêmes précautions.

La chaux et la marne poursuivent le même but, l'amendement calcaire des terrains agricoles. Or, à laquelle de ces deux substances faut-il donner la préférence ?

D'une manière générale, on peut dire, que dans le voisinage d'un gisement de marne, son emploi est plus avantageux que celui de la chaux, mais, plus on s'éloigne des gisements, plus les prix augmentent, grevés qu'ils sont du prix de transport qui, pour la marne, est bien plus élevé que celui de la chaux.

Toutefois, il faut convenir qu'on ne peut établir aucune règle fixe à ce sujet ; c'est à l'agriculteur à faire son

calcul en tenant compte des conditions dans lesquelles il opère.

Comme le fait remarquer M. Lecouteux, c'est là un problème d'économie rurale que le cultivateur seul est à même de résoudre. La question des avances est surtout à prendre en considération, puisque, dans telle situation nettement définie, le marnage d'un hectare nécessite une avance de 160 francs et cinq journées de deux chevaux, tandis que le chaulage ne demande que 42 à 43 francs et dix fois moins de temps pour le charroi. Or, il n'est pas déraisonnable d'admettre qu'un propriétaire, ayant affaire à des métayers, préfère, pour sa tranquillité, procéder à une avance à long terme ; il y a plus de motifs sérieux pour admettre qu'un agriculteur, propriétaire ou non, préférera, dans ces conditions de prix de revient et d'avances, le chaulage avec une simple durée de six ans au marnage destiné à une durée de quinze ans (1). Plus on opérera sur une grande étendue de terre, plus il y aura de raisons militant en faveur du chaulage, car, à tout prendre, et sous une direction intelligente, un second chaulage doit se recommencer, non par l'apport d'un nouveau capital, mais bien par les capitaux créés par le premier. Qu'on fasse donc ici un compte d'intérêts composés, et l'on verra que, dans ce genre d'opérations, il est plus économique et plus fructueux de faire une avance de capitaux en deux fois et à l'aide d'un réemploi de la première mise de fonds, que de la faire en une seule fois à longue échéance.

Le *plâtre* ou sulfate de chaux, dont il reste à nous occuper maintenant, agit tout différemment que les substances précédentes; aussi quelques agronomes le rangent-ils, non plus parmi les amendements, mais parmi les *stimulants*.

(1) Ed. Lecouteux, *Principes de la culture améliorante*, p. 344.

L'action agricole du plâtre est favorisée par l'humidité et la chaleur. Les grandes pluies nuisent à son effet ; les gelées empêchent et quelquefois détruisent son action ; la sécheresse l'arrête. C'est sur les terrains argileux, calcaires et sablonneux qu'il réussit le mieux (1).

Le sulfate de chaux se trouve dans la nature sous deux formes minéralogiques bien différentes. L'une est anhydre; elle est dure, compacte et peu répandue, partant peu ou pas employée en agriculture. L'autre est hydratée ; elle est cristallisée, tendre et constitue le gypse ou pierre à plâtre. Cette dernière espèce seule est employée en agriculture. Tel qu'on l'extrait des carrières, le gypse pulvérisé constitue le *plâtre cru.* Toutefois c'est le plus souvent à l'état de plâtre cuit qu'on l'utilise.

La cuisson a pour but de faire perdre à la pierre environ la *moitié* de son eau de cristallisation ; cette cuisson se fait à une température de 115 degrés. Au delà, le plâtre perdrait toute son eau ; il aurait alors des propriétés toutes différentes.

Le plâtre trop cuit, pas plus que le plâtre cru, ne fait prise avec l'eau et ne peut être *gâché.*

Les plâtres cuits ou en poudre que l'on trouve dans le commerce, comme le font observer MM. Girardin et Dubreuil, sont bien souvent falsifiés avec de la craie, de la marne, des poussières de chaux, du sable fin, de l'argile et principalement avec des déchets de plâtre cru, dont les fabricants de plâtre cuit ne savent que faire. Cette dernière fraude est moins dommageable que les premières, puisqu'on a toujours du plâtre, bien qu'on paye alors le plâtre cru le même prix que le plâtre cuit (2).

(1) Johnston et Cameron, *Traité pratique de chimie et de géologie agricoles,* trad. de M. St. Meunier. 1880.

(2) Girardin et du Breuil, *Traité élémentaire d'agriculture,* t. I, p. 344.

En achetant le plâtre cru ou cuit *en morceaux*, on sera certain de ne point être trompé. La réduction en poudre peut très bien se faire à la ferme, dans la morte saison, pendant laquelle on est parfois embarrassé pour occuper utilement les ouvriers. Le broiement du plâtre cru est beaucoup plus difficile que celui du plâtre cuit; mais, au moyen de masses de fer ou du tour en granit à broyer les pommes, on parvient à le diviser encore assez facilement. Il est à noter d'ailleurs qu'il n'y a pas absolue nécessité à ce que le plâtre cru soit réduit en poudre excessivement fine.

Lorsqu'on achète du plâtre cuit en poudre, il faut toujours, par quelques essais, s'assurer qu'il n'a pas été fraudé. Le plâtre est bon lorsqu'il ne fait point effervescence ou ne fait qu'une effervescence très faible avec les acides, qu'il n'a point de saveur alcaline, qu'il ne verdit point le sirop de violettes, qu'il ne laisse déposer par la lévigation que des traces de sable; enfin lorsqu'il se dissout presque totalement dans l'acide chlorhydrique faible. Le résidu qu'il laisse après l'action de cet acide est de l'argile et du sable.

Les plâtres naturels ne sont jamais chimiquement purs; ils renferment souvent de 3 à 15 pour 100 de matières étrangères, suivant leur provenance. Le plâtre de Bourgogne ne contient que 3 à 5 pour 100 de substances étrangères, tandis que celui des environs de Paris contient de 12 à 15 pour 100 de carbonate de chaux, d'oxyde de fer et d'argile (1).

Le plâtre est loin d'agir de la même manière sur tous les sols et sur toutes les plantes cultivées. Il semble aujourd'hui acquis à la science :

1° Que le plâtre ne peut suppléer à l'engrais organique;

2° Que le plâtre agit favorablement sur les prairies artificielles;

(1) Girardin et du Breuil, ouvr. cité.

3° Qu'il n'agit pas sur les céréales.

Des expériences déjà anciennes, faites sur le trèfle par M. Smith, mettent en évidence l'action du plâtre sur les légumineuses; elles sont résumées dans le tableau ci-dessous; elles font voir que, la récolte du trèfle non plâtré étant ramenée à 100, celle qui a reçu cet amendement est en moyenne de 225.

EXPÉRIENCES DE M. SMITH SUR L'ACTION DU PLATRE SUR LE TRÈFLE.

Tableau XXII.

NUMÉROS des expériences.	REMARQUES.	FANES par hectare.	GRAIN par hectare.	POIDS de la récolte totale.	RAPPORT de la fane à la graine.
1	A, plâtré........	2 429k	347k	2 776k	100:14,3
	A, non plâtré ...	915	61	976	100: 6,7
	Différence..	1514	286	1 800	
	B, plâtré........	2476	190	2686	100:7,6
	B, non plâtré....	1525	67	1 522	100:7,0
	Différence..	951	123	1 074	

Les effets du plâtre ne peuvent donc faire l'objet d'aucun doute. Quant à sa manière d'agir, bien des opinions ont été émises. H. Davy a prétendu que cette substance était absorbée en nature et se fixait dans les tissus végétaux; mais on admettra que, s'il en était ainsi, en faisant l'analyse des plantes plâtrées, on devrait retrouver l'acide sulfurique et la chaux dans les proportions qui constituent le plâtre, c'est-à-dire 40 du premier pour 28 du second. Or, de nombreuses analyses ont fait voir que, dans les cendres végétales, on trouvait 3,9 d'acide sulfurique pour 28 de chaux; mais il faut remarquer aussi, ce qui est fort curieux, qu'il n'y a pas plus d'acide sulfurique dans les

cendres du trèfle plâtré que dans celles des trèfles qui ne l'ont pas été.

Liebig avait supposé que le plâtre fixait le carbonate d'ammoniaque des eaux de pluie, en le transformant en sulfate d'ammoniaque, beaucoup moins volatil et ne pouvant être entraîné au moment de la dessiccation du sol pendant les fortes chaleurs. D'après ce chimiste, le plâtre avait donc pour effet de mettre l'engrais azoté à la disposition des plantes. Malheureusement pour cette théorie, les plantes légumineuses, sur lesquelles le plâtre réussit si bien, ne sont presque pas sensibles à l'action des engrais azotés ; et de plus ces mêmes engrais profitent très bien aux céréales, qui au contraire ne bénéficient pour ainsi dire pas de l'addition du sulfate de chaux.

M. Boussingault a prétendu que le plâtre agissait surtout par la chaux qu'il contient.

Pour M. Kühlmann, le plâtre favorisait la nitrification ; mais ici encore il y a une contradiction importante, c'est que les nitrates réussissent beaucoup mieux sur les céréales que sur les légumineuses.

La question du plâtrage en était là, lorsque M. Dehérain entreprit, en 1863, une série de recherches qui l'ont conduit à la véritable solution de la question, à savoir : que le plâtre favorise la diffusion de la potasse dans la terre arable.

On sait en effet que les engrais potassiques agissent très favorablement sur les plantes légumineuses ; nous l'avons déjà constaté en citant les expériences de M. Soulié sur les défrichements de prairies (chap. II), et nous aurons encore occasion d'y revenir en traitant des engrais.

M. Dehérain commença ses recherches par quelques expériences de laboratoire. Un grand nombre de terres furent plâtrées au dixième, quantité énorme, impossible à employer en pratique, mais qui avait pour but d'exagérer

l'effet du plâtre, et l'on dosa comparativement la potasse dans les terres normales et dans les terres plâtrées. On trouva les résultats consignés dans le tableau XXIII.

POTASSE EXTRAITE PAR L'EAU FROIDE D'UN KILOGRAMME DE TERRE SÉCHÉE A L'AIR. (Tableau XXIII.)

TERRES MISES EN EXPÉRIENCE.	POTASSE extraite de la terre normale.	POTASSE extraite de la terre plâtrée.	DIFFÉRENCE due au plâtrage	DURÉE de l'expérience.
	gr	gr	gr	
Terre noire de Russie n° 2	0,048	0,136	+ 0,089	4 mois
	0,058	0,140	+ 0,092	15 jours
	»	0,288	+ 0,240	1 mois 1/2
	»	0,428	+ 0,280	1 mois
Terre noire de Russie n° 1	0,128	0,138	+ 0,010	1 mois
Terre des Chapelles (Seine-et-Marne)	0,017	0,115	+ 0,098	1 mois
Terre de Verclives (Eure)	0,487	0,556	+ 0,069	1 mois
Terre du rio Parana	0,003	0,067	+ 0,064	1 mois
Terre de Sologne	0,192	0,202	+ 0,010	1 mois
Terre franche du Jardin des Plantes	0,046	0,040	+ 0,309	24 heures

Ces premières expériences, rapporte M. Dehérain, avaient été tentées sur des terres prises au hasard parmi celles que je pouvais me procurer ; mais je pensai ensuite à les vérifier sur d'autres terres choisies spécialement dans le but de voir si, comme les faits précédents semblaient le montrer, le plâtrage favorisait la solubilité de la potasse. Il devenait évident, en effet, que, dans une terre que le cultivateur ne plâtre jamais, on devait trouver de la potasse soluble dans l'eau en quantités assez notables, tandis que, dans celles que le cultivateur plâtre avec avantage, il ne devait y avoir de la potasse soluble dans

l'eau qu'après le plâtrage ; ce qui fut vérifié par de nombreuses expériences.

Pour démontrer plus complètement encore cette véritable fonction du plâtre, M. Dehérain fit quelques recherches synthétiques. Au lieu de chercher la potasse contenue dans une terre arable plâtrée et de tirer de cette comparaison l'explication des effets de cet amendement, il ajouta de la potasse à diverses matières absorbantes et essaya ensuite d'extraire cette potasse à l'aide du plâtre. Ces expériences furent faites avec de l'alumine lavée et séchée à l'air et avec du kaolin ; elles réussirent parfaitement.

Les résultats précédents sont donc assez nets, conclut M. Dehérain, pour qu'il n'y ait plus d'hésitation possible, et l'on peut affirmer qu'un des effets qu'exerce le plâtre sur la terre arable est bien de mobiliser la potasse et de l'empêcher d'être absorbée par les matières argileuses. Cette proposition peut être formulée plus exactement ainsi:

Le plâtre métamorphose les carbonates contenus dans la terre arable en sulfates plus diffusibles. Nous avons vu que le sol cultivé renferme toujours une certaine proportion toute formée, qui s'y trouve vraisemblablement à l'état de carbonate, puisque c'est là le produit que donnent les matières azotées d'origine organique qui se décomposent dans le sol avant de s'unir aux matières carbonées pour former les produits fumiques ; d'autre part, il est vraisemblable que la potasse soluble qu'on rencontre également dans la terre arable, doit s'y trouver encore à l'état de carbonate, puisque nous avons vu que l'acide carbonique a été l'un des agents les plus efficaces de décomposition des feldspaths. Si l'on mélange à ces carbonates du sulfate de chaux, il est clair qu'on obtiendra des sulfates. On sait, en effet, que, toutes les fois que des sels sont en contact, ils se décomposent mutuellement, surtout quand ils peuvent donner, par l'échange des bases et des acides, des

composés présentant des propriétés physiques différentes de celles des corps réagissants. L'insolubilité du carbonate de chaux sera donc une des causes de cette décomposition, et il se formera dans une terre plâtrée du sulfate de potasse et du sulfate d'ammoniaque. Ne serait-ce pas à cette décomposition, à cette transformation des carbonates en sulfates que serait due la plus grande mobilité des bases que renferme la terre plâtrée? Et si nous pouvons enlever à un sol ainsi amendé plus de potasse et d'ammoniaque qu'à un sol normal, n'en pouvons-nous trouver la raison dans l'intensité variable avec laquelle les argiles retiennent les sulfates et les carbonates?

En effet, le tableau ci-après (tabl. XXIV) montre bien que le carbonate de potasse est retenu par la terre arable et par le kaolin bien plus énergiquement que le sulfate.

La mobilisation de l'ammoniaque sous l'influence du plâtre est due à la même cause. On a reconnu, en effet, que le sulfate d'ammoniaque était retenu beaucoup moins énergiquement que le carbonate par la terre arable ou par une substance argileuse comme le kaolin.

Ainsi, en résumant les expériences précédentes, on trouve que :

Sur 100 de potasse introduite dans une matière absorbante à l'état de carbonate...	74	sont retenus.
Sur 100 de potasse introduite à l'état de sulfate............................	32	sont retenus.
Sur 100 d'ammoniaque introduite à l'état de carbonate........................	80	—
Sur 100 d'ammoniaque introduite à l'état de sulfate..........................	13,5	—

Or, on sait que, dans bon nombre de terres végétales, il existe de l'azote organique jusqu'à 1 mètre et même 1^{m},80. On sait en outre que cette quantité d'azote est plus faible à une certaine profondeur qu'à la surface ; enfin,

par l'analyse des eaux de drainage, on peut constater que la potasse est généralement retenue dans la terre arable, et arrive difficilement jusque dans les couches profondes. Or, c'est dans les couches superficielles qu'elle est mise en liberté par l'action incessante de l'acide carbonique qui

ABSORPTION COMPARÉE DE LA POTASSE A L'ÉTAT DE CARBONATE ET A L'ÉTAT DE SULFATE. (Tableau XXIV.)

NATURE ET POIDS des MATIÈRES ABSORBANTES.	POIDS de la potasse ajoutée.	POIDS de la potasse retrouvée.	POIDS de la potasse retenue.	POTASSE retenue p. 100 ajoutées.
1° CARBONATE DE POTASSE.				
	gr	gr	gr	gr
50 gr. kaolin.........	0,588	0,092	0,496	85
50 gr. kaolin.........	0,588	0,075	0,513	87
50 gr. kaolin.........	0,214	0,072	0,142	66
100 gr. terre de Touraine	0,100	»	0,100	100
200 gr. terre de Luxembourg.............	0,097	0,050	0,025	33
500 gr. mat. absorbantes	1,565	0,289	1,276	74
2° SULFATE DE POTASSE.				
100 gr. kaolin.........	0,470	0,307	0,063	35
50 gr. kaolin.........	0,266	0,120	0,146	85
100 gr. terre de Touraine	0,100	0,030	0,070	30
100 gr. terre de Luxembourg.............	0,097	0,092	0,005	5
350 gr. mat. absorbantes	0,933	0,549	0,284	31

s'y forme sous l'influence de l'oxygène atmosphérique brûlant lentement les matières carbonées ; c'est cet acide carbonique qui l'arrache peu à peu aux argiles, et l'on conçoit que, tant qu'on cultivera des plantes comme des céréales, dont les racines restent dans les couches superficielles du sol, il importe peu que la potasse et l'ammoniaque soient retenues dans les couches superficielles par

les propriétés absorbantes de la terre. Mais on comprend en outre qu'il n'en soit point ainsi pour les légumineuses, dont les racines s'enfoncent au-dessous de la couche arable ordinaire ; les racines du sainfoin, par exemple, pénètrent jusqu'à 2 mètres de profondeur, et peuvent s'étendre plus loin encore dans les interstices des roches calcaires. Ces plantes pourront peut-être prospérer dans un terrain sablonneux où les principes des engrais ne seront pas retenus dans les couches superficielles du sol ; mais il n'en sera plus ainsi dans les terrains argileux ; et, pour que les alcalis puissent arriver jusqu'à ces racines profondément enfoncées, il faudra qu'elles échappent aux propriétés absorbantes de l'argile ; c'est dans ce cas qu'on fera intervenir le plâtre.

Le plâtre me paraît donc avoir sur la terre arable, conclut M. Dehérain, une action tout à fait déterminée, tout à fait spéciale : il a pour but de faire passer les alcalis de la couche superficielle, où ils sont habituellement retenus, dans les couches profondes, où les racines des légumineuses vont chercher leurs aliments (1).

On répand le plâtre à la dose de 2 ou 3 hectolitres par hectare. On a indiqué comme proportion la semence du froment. Le plâtrage à cette dose peut, sur les prairies artificielles, revenir tous les ans. Les doses de 600 à 1000 kilogrammes sont exceptionnelles.

On répand le plâtre généralement sur les plantes et quelquefois sur le sol et sur les fumiers (2).

Le plâtrage est appliqué quand les plantes sont assez développées pour couvrir la terre et lorsque leurs feuilles sont imprégnées d'humidité, c'est-à-dire le soir ou le matin. Les plâtrages du printemps sont regardés comme plus favorables que ceux exécutés en automne ou durant l'hiver.

(1) P.-P. Dehérain, *Cours de chimie agricole*, 1873, p. 432 et suiv.

(2) Voir, à ce sujet, le chapitre *Traitement des fumiers*.

On ne doit plâtrer que lorsque l'atmosphère est calme et que les gelées ne sont plus à craindre. Une atmosphère à la fois chaude et humide favorise son action ; les pluies prolongées comme les grandes chaleurs lui nuisent ; la gelée le paralyse également. Les sols secs doivent être plâtrés plus tôt que les sols humides, et les plâtrages dans les climats chauds et secs ont lieu plus tôt que dans les climats froids et humides. On plâtre tantôt la première, tantôt la deuxième coupe (1).

Quelques agronomes répandent la moitié du plâtre avant l'hiver sur le sol où doit être semée la prairie artificielle, et moitié sur la jeune plante à l'automne.

Ce qu'il ne faut pas oublier, c'est que le plâtre est un agent capricieux dans ses effets. Des pluies peu abondantes et chaudes, mais fréquentes, d'abondantes rosées assurent son action, tandis qu'un temps sec, des pluies battantes et répétées l'entravent (2).

Nous verrons par la suite que le plâtre peut encore être employé comme engrais dans les terres qui ne renferment pas de carbonate de chaux, surtout lorsqu'on n'a pas d'autres amendements à sa disposition.

(1) Lefour, *Sol et Engrais*, 1 vol., 1878, p. 71.

(2) Ad. Damseaux, *Manuel d'agriculture générale*, 1884, p. 221.

CHAPITRE V.

L'ALIMENTATION VÉGÉTALE ET LES ENGRAIS.

Définition de l'engrais. — Valeur fertilisante d'un engrais. — Éléments constitutifs des plantes. — Les engrais sont les aliments des végétaux. — L'azote, l'acide phosphorique, la potasse et la chaux des engrais. — État physique des aliments des plantes. — Les dissolutions et les gaz. — La nutrition de la plante. — Le rôle des feuilles : elles prennent les aliments gazeux. — Le rôle des racines : elles prennent les dissolutions ; elles fixent la plante au sol. — La sève nourricière des plantes. — Les migrations des principes immédiats. — Localisation et répartition des sucs nourriciers dans la plante. — Comment les plantes se nourrissent. — La dialyse des terres arables. — L'alimentation rationnelle des plantes. — La richesse des engrais. — Leur assimilabilité. — Ce que devient l'engrais dans le sol.

L'azote. — L'azote atmosphérique. — L'azote nitrique, l'ammoniaque, l'azote organique. — Rôle des engrais azotés. — La théorie minérale. — L'azote de l'atmosphère et la sidération. — Les enfouissements végétaux. — Les théories de M. Georges Ville. — La doctrine des engrais chimiques. — Les dominantes. — Le rôle des engrais chimiques dans l'agriculture scientifique. — Le fumier de ferme et les engrais minéraux. — Les forces naturelles. — La culture sidérale. — Action du soleil, son rôle. — Dangers de l'exclusivisme en agriculture. — Le fumier de ferme comme engrais type ; les engrais minéraux comme matières fertilisantes complémentaires.

M. Dehérain, professeur à l'Ecole nationale d'agriculture de Grignon, définit ainsi l'engrais : « la matière utile à la plante qui manque au sol ».

Certes l'engrais est utile à la plante, puisqu'il constitue la nourriture, mais l'engrais n'a pas pour toutes les plantes et surtout pour tous les sols la même valeur ; aussi, la

valeur d'une matière fertilisante n'est-elle nullement représentée par son prix d'achat ou son prix de revient. Si, en effet, la valeur de l'engrais était représentée par la somme déboursée pour l'acquérir, toutes les expériences seraient oiseuses.

C'est parce que vous doutez que pour votre sol ces engrais vaillent ce qu'ils coûtent, que vous expérimentez. Il est donc intéressant de voir comment cette valeur des engrais découlera des indications du champ d'expérience.

La valeur d'un objet dépend du service rendu ; le propre de l'engrais est d'augmenter la récolte ; c'est là le service qu'il doit rendre ; plus l'augmentation sera grande, et plus grande sera la valeur de l'engrais; cette valeur est liée à l'efficacité qu'il montre.

Supposons, avec M. Dehérain, qu'un cultivateur établisse un champ d'expériences, que les parcelles qu'il va mettre en comparaison soient exactement de même nature, qu'elles aient reçu les mêmes façons, qu'elles aient été ensemencées avec la même graine, mais que l'une reçoive un poids P de l'engrais dont il faut déterminer la valeur, tandis qu'une seconde en est privée.

Si la parcelle qui a reçu l'engrais a produit à l'hectare une récolte d'un poids R, que la parcelle non fumée produise une récolte d'un poids R', et que le prix de vente uniforme des deux récoltes soit V, il est manifeste que la différence des produits bruts (R—R'), V représentera la plus-value due à l'engrais. Or cette augmentation du produit brut a été obtenue par l'emploi d'un poids P d'engrais. Divisons la différence ainsi trouvée par le poids de l'engrais employé, et nous aurons la plus-value due à l'unité de poids d'engrais, c'est-à-dire la valeur de l'unité de poids de cet engrais. L'expression de cette valeur sera :

$$\frac{(R-R').V}{P}=x.$$

Cette valeur découle de l'expérience précédente ; il est manifeste que, sur une autre terre, sur une autre plante, pendant une autre saison, elle sera différente.

En comparant la valeur de l'engrais calculée comme il vient d'être dit à son prix d'achat ou de revient, nous saurons si l'emploi de l'engrais a été avantageux, indifférent ou onéreux, suivant que x, valeur calculée de l'engrais, sera $>$, $=$ ou $<$ que A, A étant le prix d'achat ou de revient de l'unité de poids de l'engrais (1).

Nous savons qu'une plante, pour se former, emprunte ses éléments constitutifs à l'atmosphère, au sol et aux engrais. Nous avons déjà examiné les deux premières sources. Sur la première, nous ne pouvons pas agir ; notre action est plus manifeste sur la terre, mais c'est surtout sur l'engrais que doit se porter l'attention de l'agriculteur.

Quels sont les éléments constitutifs des plantes et par conséquent des animaux, puisque ces derniers font leur nourriture des végétaux. Ces éléments ou corps simples sont au nombre de quatorze. Voici, d'après M. L. Grandeau, les combinaisons qu'ils forment :

ÉLÉMENTS FONDAMENTAUX.

A. *Gazeux.*

Azote..... Hydrogène.	Ammoniaque.	Acide nitrique.	Corps gras, corps neutres, acides végétaux	Matières protéiques : alcaloïdes.
Hydrogène. Oxygène...	Eau.			
Oxygène... Carbone...	Acide carbonique.			

(1) P.-P. Dehérain, *Sur la valeur des engrais* (*Revue scientifique*, 1887, 1 vol.).

B. ***Solides.***

Potassium...........	combinés à l'oxygène et aux acides.	Cendres des végétaux et des animaux.
Sodium..............		
Calcium.............		
Magnésium..........		
Fer.................		
Manganèse..........		
Phosphore...........	combinés à l'oxygène et aux bases à l'état d'acide.	
Soufre...............		
Silicium.............		
Chlore (1)............		

Enfin, on rencontre encore accidentellement (2) l'aluminium, le brome, l'iode. le fluor, le cuivre, le plomb, le zinc, le nickel, le cobalt, le rubidium, le cœsium, l'argent (3).

Tous ces corps simples doivent-ils se trouver dans les engrais ? Non certes ! L'oxygène, l'hydrogène sont fournis abondamment et gratuitement, à l'agriculteur, par l'air et les eaux ; le carbone y pénètre sous forme d'acide carbonique, puisé dans l'atmosphère. Enfin, le silicium se trouve ou doit se trouver en abondance dans la terre sous la forme d'acide silicique ou silice ; il en est de même du manganèse, que nous avons trouvé dans la terre arable sous forme d'oxydes, et de presque tous les autres corps simples énumérés plus haut. Ce qu'on demande aux engrais, ce sont les substances suivantes :

L'azote, *à l'état assimilable ;*

L'acide phosphorique, *soluble ;*

La chaux et parfois, mais plus rarement, la magnésie.

Voyons sous quelle forme chimique ces principes doivent

(1) L. Grandeau, *Chimie et physiologie appliquées à l'agriculture et à la sylviculture*, t. I, *la Nutrition de la plante*, p. 157.

(2) Rangé dans les corps solides, parce que c'est toujours sous cette forme, à l'état de chlorure, qu'il sert d'aliment aux plantes.

(3) Ces corps se rencontrent accidentellement dans les cendres des végétaux, mais ils ne sont pas les éléments indispensables des plantes.

être renfermés dans les engrais et comment ils pénètrent dans les végétaux.

Les aliments des plantes, quant à leur état physique, sont ou liquides ou gazeux. Ce sont les feuilles qui absorbent les premiers, c'est-à-dire l'acide carbonique et l'ammoniaque atmosphérique, etc. Quant aux racines, elles prennent bien un peu d'acide carbonique gazeux, mais leur rôle essentiel est d'absorber les éléments minéraux des engrais à l'état de dissolution dans l'eau. C'est dans les végétaux que se produit ce phénomène admirable de la transformation des matières minérales en substances organisées.

« Si les plantes sont chargées d'organiser la matière, dit M. le docteur Sacc, les animaux, eux, la modifient et l'utilisent; ils lui donnent le plus haut degré de perfectionnement dont elle soit susceptible; puis ils la brûlent et la font rentrer dans le nombre des substances purement minérales, en lui donnant précisément la forme sous laquelle les plantes l'enlèvent à l'atmosphère. »

Nous n'avons pas à nous occuper des éléments gazeux des plantes, dont nous avons parlé dans le premier chapitre de ce livre; qu'il nous suffise de poser en principe qu'un engrais, pour être efficace, doit pouvoir mettre à la disposition des racines les matières minérales servant d'aliments aux végétaux, à l'état soluble. Cette solubilité peut être immédiate dans un engrais (engrais facilement décomposable), ou bien la solubilité peut n'arriver qu'après un certain temps de séjour de l'engrais dans le sol, d'où il devient actif sous l'action de causes multiples, d'ailleurs assez mal définies.

Comme on le voit, les racines ont une double fonction : elles servent à fixer le végétal et enfin elles servent à le nourrir.

La racine fixe la plante au sol d'une manière d'autant

plus solide qu'elle s'y enfonce plus profondément ; sous ce rapport, il y a une différence entre les végétaux, puisque quelques-uns d'entre eux, comme les sapins, les trèfles et les carottes, plongent d'abord leurs racines profondément en terres, tandis que d'autres, comme les peupliers, les framboisiers, les étendent à la surface du sol. Le docteur Orth, professeur à l'Institut agronomique de Berlin, a trouvé les chiffres suivants pour la longueur des parties souterraines de quelques plantes cultivées dans des sols perméables :

	m
Luzerne blanche	2,65
Esparcette	1,70
Colza	1,65
Trèfle des prairies	1,45
Betterave	1,38
Orge	1,35
Lupin	1,38
Carotte	1,30
Seigle	1,23
Blé	1,09
Fève	1,11
Lin	0,67
Pomme de terre	1,03

MM. Müntz et Ch. Girard ont fait des recherches sur le même sujet, ils sont arrivés à cette conclusion, que ce n'est pas en moyenne à 2 ou 3 décimètres de profondeur de sol que les plantes puisent leur nourriture, mais bien dans un cube d'une épaisseur qui, dans les conditions ordinaires, peut être regardée comme supérieure à 1 mètre et qui, dans beaucoup de cas, va bien au-delà de ce chiffre. On a donc tort de ne tenir compte, pour les calculs de la fertilité des terres, que de ce qu'on appelle la terre arable, c'est-à-dire de la couche qui est entamée par les instruments aratoires (20 à 30 centimètres). Notre opinion est d'autant plus fondée, que ce sont les parties

les plus jeunes des racines, c'est-à-dire celles qui sont situées vers l'extrémité et qui, par suite, sont les plus profondément enfoncées dans le sol, qui ont au plus haut degré la propriété de puiser l'eau et avec elle les principes fertilisants tenus en dissolution (1).

« Les végétaux à racines profondes, fait remarquer M. Sacc (2), n'épuisent généralement pas la terre; ils vivent essentiellement aux dépens de l'acide carbonique de l'air; aussi leur culture améliore-t-elle toujours beaucoup les terres. Ce sont eux qui produisent l'énorme masse d'humus qui étonne tous les colons de l'Amérique du Nord, lorsque après avoir défriché les forêts ils les mettent en culture. Les arbres sont effectivement les meilleurs types des plantes fertilisantes, parce qu'ils n'enlèvent rien à la terre, dans laquelle ils laissent chaque année les débris de leurs racines, et à la surface de laquelle ils répandent la totalité de leurs feuilles, qui, en se décomposant, y produisent une couche d'humus d'autant plus abondante qu'elles sont en plus grande masse. Toutes les plantes à courte végétation ont les racines très divisées et superficielles; elles tirent la plus grande partie de leur nourriture de l'humus du sol, qu'elles épuisent ainsi rapidement, mais aussi en fabriquant, dans le même espace de temps, beaucoup plus de matière organisée que les arbres. »

Les racines profondes n'enlèvent au sol que de l'eau, avec les sels qu'elle tient en dissolution et qui en constituent les 3 ou 6 millièmes. Ces sels ont une constitution variable avec la nature du sol; en général, cependant, ce sont les silicates, chlorures ou sulfates de potasse ou de soude, des phosphates ou des carbonates de chaux et de magnésie. Les premiers de ces sels et ceux de magnésie, étant très solubles dans l'eau, ils se trouvent dans les par-

(1) A. Müntz et A.-Ch. Girard, *les Engrais*, t. I, p. 46.

(2) Dr Sacc, *Chimie des végétaux*, p. 28 et suiv.

ties les plus vivantes de la plante, comme les feuilles, les fleurs et les fruits, tandis qu'on ne rencontre de sels de chaux, de fer et les silicates que dans leurs parties mortes, comme l'écorce, ou douées d'une faible vitalité, comme le bois ; cela vient de ce que ces sels ne se dissolvent que dans l'eau chargée d'acide carbonique, en sorte qu'ils se déposent dès que les feuilles leur enlèvent ce dissolvant et qu'ils sont rejetés en dehors. Quand la sève n'amène plus assez d'eau pour les entraîner, ces sels se déposent dans le tissu même des feuilles, qu'ils altèrent et minéralisent. On s'assure de ce fait en brûlant une feuille âgée et en voyant quelle énorme masse de cendre formée de chaux et d'acide silicique elle laisse, tandis que les jeunes feuilles vertes, qui en laissent beaucoup moins, ne contiennent guère que des alcalis. Plus la plante est vigoureuse, moins il se dépose de chaux dans ses tissus, qui ne sont gorgés que de sels alcalins ; telle est la raison pour laquelle les plantes annuelles, coupées vertes, fournissent beaucoup plus de potasse que les arbres. Il ne faut pourtant pas se figurer que ces plantes annuelles doivent leur richesse en alcalis à une disposition particulière de leurs tissus, puisqu'elles n'en contiennent plus que fort peu, lorsqu'on les laisse sécher sur pied avant de les couper. De même encore les feuilles des arbres sont très riches en alcalis, quand on les coupe au mois de juin, tandis qu'elles n'en contiennent plus quand elles tombent au mois d'octobre. Il n'y a donc pas moyen de douter que les substances minérales qu'on trouve dans les plantes y soient apportées par l'eau que leurs racines enlèvent au sol, et qu'elles y sont d'autant plus abondantes que la plante, plus jeune, retient davantage d'eau. Tant que les tissus sont gorgés de sève, la chaux est entraînée vers l'écorce ou dans le sol ; mais, à mesure que sa masse diminue, la chaux se dépose dans les tissus, qu'elle incruste d'autant plus fortement qu'ils

sont plus éloignés des parties essentiellement vivantes. C'est pour cette raison que, tandis qu'on trouve peu de chaux dans les graines des plantes, on en rencontre davantage dans leur aubier, plus encore dans leur bois, et que c'est dans l'écorce qu'il y en a le plus.

A mesure que le mouvement vital de la plante se ralentit, les alcalis que la sève avait apportés dans ses flancs repassent dans le sol, parce qu'étant plus solubles dans l'eau que les sels de chaux ils déplacent ceux-ci, auxquels ils se substituent ; de là vient que les branches d'un arbre sont relativement plus riches en chaux en hiver qu'en été, où la sève leur apporte l'eau en abondance. Quand la sève cesse de circuler dans un végétal, elle entraîne donc en terre presque tous les sels alcalins qu'elle tenait en dissolution.

Puisque les feuilles et les racines nourrissent les plantes, il est clair qu'on les fera périr en leur enlevant les unes ou les autres, et cependant les jardiniers ont l'habitude de tailler fortement la tête et les racines des arbres qu'ils plantent en automne et au printemps. Les racines des arbres sont très semblables à leurs branches (1), et le chevelu ou les petites racines qui s'en dégagent correspondent à leurs feuilles ; ce sont elles, et non pas les grosses racines, qui pompent les sucs de la terre ; or, en automne, ce chevelu se détache des racines à peu près en même temps que les feuilles tombent des branches, et il ne repousse qu'au printemps.

Les feuilles sont les organes qui exhalent l'eau absorbée par les racines, en sorte que la sève cesse de monter ou, du moins, que son mouvement se ralentit beaucoup, lorsqu'on les enlève en totalité. Suivant qu'elles sont plus ou moins charnues, les feuilles renferment, d'après le docteur

(1) Voir, à ce sujet, *la Botanique*, par M. de Lanessan. 1 vol. (Bibliothèque des sciences contemporaines.)

Sacc, 54 à 98 pour 100 de leur poids d'eau, et elles exhalent, en vingt-quatre heures, par un beau temps, 13 à 85 pour 100 de leur poids, suivant l'espèce et les conditions dans lesquelles elles sont placées; en général, les jeunes feuilles expirent beaucoup plus d'eau que celles qui sont adultes.

Nous venons de voir comment les sels nutritifs se répartissent dans les plantes; quant à savoir comment ces substances se transforment en cellulose, en sucre, en gomme, albumine, résine, huiles, gluten et en alcaloïdes divers, en fécule, c'est là une question encore bien obscure, que nous passerons d'ailleurs sous silence, n'ayant pas à faire ici un cours de physiologie végétale; mais ce que nous voulons examiner, tout au moins sommairement, c'est la question de savoir comment les plantes se nourrissent. Les faits découverts par Graham, Sachs et autres savants l'expliquent convenablement.

Les membranes végétales possèdent, dit M. Bouscasse (1), la faculté de permettre au liquide qui les baigne intérieurement de dissoudre, au travers de leur tissu, un corps solide, placé à l'extérieur, qui se trouve en contact immédiat et en affinité moléculaire avec les principes primitivement contenus dans les cellules originaires. Or, ce liquide intérieur des racines des plantes est légèrement acide et capable, en vertu de cette acidité, de dissoudre certaines substances, notamment les phosphates alcalins qui se trouvent en contact avec la paroi extérieure de la racine. C'est donc par dialyse que les sels nutritifs du sol pénètrent dans la plante; la fertilité d'une terre dépendra alors, avant tout, de l'état de dissémination des matières fertilisantes dans la terre; plus les contacts des radicelles avec ces matières sont nombreux, mieux la plante se nourrira et plus considérable

(1) C. Bouscasse, *Comment se nourrissent les plantes* (*Journal d'agriculture pratique*, 1887, t. I, p. 857).

sera la récolte. Car les racines des plantes sont bien plutôt à la recherche de leurs aliments que l'eau ne leur amène dissous.

A la suite de ses belles recherches sur la dialyse des terres arables, M. Petermann, directeur de la station agronomique de Gembloux, émet les deux conclusions suivantes : 1° le sol arable cède à l'eau distillée, dont il est séparé par une membrane végétale, les substances nutritives suivantes : chaux, magnésie, oxyde de fer, potasse, soude, chlore, acide sulfurique, acide silicique, acide phosphorique et acide nitrique (1) ; 2° le sol arable renferme des matières organiques qui passent facilement par diffusion à travers une membrane végétale (2).

La terre végétale ne se borne pas à retenir les principes de l'alimentation souterraine de la plante : elle fabrique en quelque sorte de la matière à l'état assimilable avec des matières brutes ; elle écarte de la plante qui croît les dangers d'une trop forte accumulation de matières solubles dans la couche arable ; elle emmagasine l'excédent de ces matières utiles, pour les modifier selon ses propriétés physiques et pour les distribuer plus également selon l'exigence des plantes cultivées partout où leurs racines peuvent pénétrer (3).

(1) Il y a quelques mois, M. le professeur Settini, de l'Université de Pise, a eu l'obligeance de nous envoyer une notice extraite du *Giornale di farmacia e chemica* (Turin, août 1861), de laquelle il résulte qu'il a constaté que, lorsqu'on enfonce dans un sol des cylindres en argile poreuse remplis d'eau, cette eau renferme, après un certain temps, du fer, de la chaux, de la magnésie, de l'acide sulfurique et des alcalis. Il n'a pas pensé à poursuivre ces essais, ni à les appliquer à l'analyse des terres, ni à rechercher le passage des matières organiques, question capitale au point de vue de la nutrition végétale. (*Note de M. Petermann.*)

(2) A. Petermann, *Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture*, 2e édit., 1886.

(3) C. Bouscasse, *op. cit.*

On a cru pendant longtemps que seuls les engrais solubles pouvaient être absorbés par les plantes, et on s'est efforcé de les leur présenter sous cette forme, de là est née l'industrie des superphosphates. Nous savons aujourd'hui que cette solubilité primitive n'est pas indispensable et que la plante se charge elle-même de dissoudre les principes dont elle a besoin pour sa nourriture, pourvu qu'ils lui soient fournis sous une forme se prêtant à l'action des racines (1).

Si l'on connaissait, d'après l'analyse des plantes, les proportions relatives *exactes* d'aliments qu'elles prennent à l'air, au sol et aux engrais, et sous quel état, la question des engrais serait tout à fait simplifiée, car la restitution rationnelle serait chose élémentaire ; mais la science n'en est pas encore à ce point. M. Jules Laureau a essayé d'approfondir cette question, dans un travail fort intéressant (2), mais qui nous paraît prématuré. Toutefois voici les conclusions de son étude ; on remarquera que les trois dernières propositions sont loin d'être résolues :

1° Les plantes n'atteignent tout leur développement et ne prennent beaucoup à l'air qu'autant que les racines peuvent se développer grandement ;

2° Les racines ne croissent complètement qu'autant qu'elles ont à leur disposition, dans le sol, tous les éléments, et en proportions voulues, à un état convenable d'assimilation, que la plante réclame;

3° Les éléments nutritifs ne se remplacent pas les uns les autres, et la culture n'atteint pas son complet développement si elle manque de quelques-uns ou même d'un seul, ou si elle ne les a pas en quantités suffisantes, malgré l'abondance des autres ;

4° Tous les éléments qui entrent dans la constitution

(1) Müntz et Ch. Girard, *loc. cit.*

(2) J. Laureau, *Alimentation végétale*, 1 broc. 1880.

de la plante, depuis celui qui est en plus petite proportion jusqu'à celui qui y est en plus grande, sont nécessaires, et il importe de les fournir à la terre quand elle en manque ou qu'elle n'en a pas assez ;

5° Les proportions d'éléments divers du sol assimilables et nécessaires à la formation des plantes ne peuvent être connues que par l'application des aliquotes d'absorption;

6° Les plantes ne prennent à la fertilité du sol ou aux fumures à décomposition lente les éléments qu'elles renferment qu'en raison de l'aliquote d'absorption ;

7° Cette aliquote est particulière pour chaque espèce de plante et aussi pour chacun de ses éléments constituants.

Les quatorze éléments chimiques que nous avons vu être renfermés dans les plantes leur sont fournis, en ce qui concerne le sol, par l'acide phosphorique, azote, potasse, chaux, magnésie, oxyde de fer et acide sulfurique. Chacun d'eux est indispensable à la vie de la plante, car, un seul faisant défaut, la nutrition et la *croissance* deviennent impossibles. Par rapport à la *nutrition*, fait observer le docteur Paul Wagner, directeur de la station agricole de Darmstadt, ces sept corps sont d'une valeur identique. La plante ne peut se passer ni du fer, ni de la magnésie, ni de l'acide phosphorique et de l'azote. Comme *engrais* toutefois, leur valeur est *toute différente*.

Jamais un terrain n'est complètement dépourvu de fer ; le fer n'a donc aucune importance comme engrais. De même, il est peu de terrains qui ne contiennent assez de magnésie, d'acide sulfurique et même de chaux, pour suffire à l'alimentation des plantes. Ces trois substances sont donc de peu d'importance au point de vue du fumage proprement dit, c'est-à-dire en tant qu'agents destinés à rendre le sol plus nutritif, et lorsqu'il ne s'agit pas de transformer le sol par leur moyen, comme on le fait souvent à l'aide de la chaux, du plâtre et du chlorure de sodium. Par contre, il

est assez rare que le sol contienne assez d'*acide phosphorique*, d'*azote* et de *potasse* pour pourvoir à la nutrition complète de la plante (1). Comme *engrais*, ce sont donc l'acide phosphorique, l'azote et la potasse auxquels revient la plus grande importance, car, ainsi que nous l'avons déjà vu en étudiant la terre arable, ils s'y trouvent en quantité très faible. Il faut donc les y introduire, puisque la plante les demande. Cette simple déduction complète bien et explique suffisamment la définition donnée au commencement de ce chapitre, que l'engrais est la matière utile à la plante qui manque au sol.

L'azote peut être mis à la disposition des plantes sous trois états :

1° L'azote nitrique ;

2° L'azote ammoniacal ;

3° L'azote organique.

Pendant longtemps, la science a attribué à l'azote seul tous les bons effets des engrais. On ne jugeait de la valeur d'une matière fertilisante que par la quantité d'azote qu'elle renfermait.

Cette théorie eut cours jusqu'au moment où l'on commença à employer le noir animal, résidu des fabriques de sucre, comme engrais. On s'aperçut bientôt que, dans l'emploi de cette substance, l'azote ne jouait pas un grand rôle ; il fallut chercher ailleurs. C'est alors que M. Boussingault, un des plus chauds partisans du règne de l'azote, modifia les tables d'équivalents des engrais, et en fonda une autre, basée sur l'azote et le phosphate de chaux contenu dans les engrais, créant ainsi cette autre doctrine agronomique, dénommée : « Règne de l'azote uni à l'acide phosphorique » ; puis vint la doctrine minérale de Liebig,

(1) Dr P. Wagner, *la Question des engrais, d'après des expériences récentes*, édition française, publiée d'après la troisième édition allemande. 1 broch., 1886.

qui fut développée en 1840 par l'illustre chimiste, mais que M. Boussingault soupçonnait déjà lorsqu'il démontrait, en montrant la teneur très inégale des diverses récoltes en azote, que les plantes n'empruntent point directement ce corps à l'azote gazeux de l'air, mais bien aux combinaisons ammoniacales et nitriques du sol ou de l'atmosphère.

« En venant établir que les véritables aliments des plantes sont tous des combinaisons minérales, dit M. L. Grandeau, depuis l'eau et l'acide carbonique jusqu'aux éléments qui constituent les cendres des végétaux, Liebig ouvrait à l'agriculture pratique des horizons absolument nouveaux. De la propagation de la doctrine de la nutrition minérale des végétaux date l'emploi, chaque jour croissant, des engrais minéraux, sels de potasse et d'ammoniaque, nitrates et phosphates. Comme il arrive fréquemment, les adeptes de la nouvelle doctrine dépassèrent la mesure : après qu'on eut considéré le fumier de ferme comme l'unique moyen de maintenir la fertilité du sol, certains théoriciens en arrivèrent à le proscrire ou, tout au moins, à prétendre que les matières organiques qu'il apporte au sol sont absolument inutiles, et que, dans *tous les sols* — c'est là qu'est l'erreur — on peut indéfiniment obtenir des récoltes rémunératrices avec le seul emploi des matières minérales. La vérité ici, comme en beaucoup de choses, est dans le moyen terme ; l'association des deux doctrines, au point de vue de l'explication des causes de la fertilité des sols, rend compte de tous les faits culturaux (1).

Puis vint le système de M. Georges Ville, l'école des engrais chimiques, qui abandonne le fumier comme étant un engrais insuffisant, faisant par cela même abstraction de la matière carbonée, qui ne paraît pas avoir d'intérêt pour l'auteur de cette doctrine, qui suppose que la terre

(1) L. Grandeau, *Études agronomiques*, 1885-1886.

est habituellement bien fournie, et que les débris qui restent accumulés dans le sol, après l'enlèvement de la récolte, sont suffisants pour y entretenir les combustions lentes qui y produisent l'acide carbonique.

La théorie de M. Ville, rejetant la matière organique, entraîne la suppression du fumier de ferme et nécessite l'achat d'engrais commerciaux pour fertiliser la terre. Si cette théorie peut être soutenue au point de vue scientifique, il n'en est pas toujours ainsi au point de vue économique, comme nous le verrons, par la suite, en parlant du fumier de ferme.

M. Ville prétend que l'agriculteur n'a à se préoccuper, pour élever et entretenir la fertilité du sol, que de quatre éléments : l'azote, l'acide phosphorique, la potasse et la chaux. Les 95 centièmes de la substance des plantes sont formés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, qui proviennent de l'eau et de l'air.

M. Th. Petit, ingénieur des arts et manufactures, un des partisans de la doctrine de M. Georges Ville, la résume ainsi : « 1° rendre à la terre plus de phosphates, plus de potasse et de chaux que les récoltes ne lui en font perdre ; 2° lui rendre environ 50 pour 100 de l'azote que ces récoltes contiennent. » Il est dit *environ*, parce que cette proportion n'a rien d'absolu, attendu qu'il y a des plantes qui en demandent moins, et d'autres même qui peuvent s'en passer complètement, et cela parce qu'une partie de l'azote des végétaux *vient de l'air*, et qu'il en est même qui le puisent plus particulièrement à cette source (1). La quantité de ce principe qu'il faut rendre au sol varie, suivant les plantes, de 0 à 50 pour 100. S'agit-il des légumineuses : c'est 0 ; passe-t-on au froment : c'est 50 pour 100. A l'égard du *phosphate* de chaux, de la *potasse* et de la *chaux*,

(1) Nous avons déjà vu que cette assimilation de l'azote atmosphérique par les plantes est tout à fait problématique. A. L.

il faut que la restitution excède ce que la terre a perdu, parce que c'est exclusivement dans le sol que les végétaux les puisent, et qu'on doit non seulement compenser les pertes que chaque récolte détermine, mais encore parer à celles qui résultent de l'action dissolvante des eaux pluviales.

Le mélange des matières contenant ces trois minéraux avec la matière azotée constitue ce que M. G. Ville appelle l'*engrais complet;* par contre, le mélange où manque un des éléments est appelé engrais *incomplet*.

Le théorème de M. G. Ville a deux corollaires importants:

Premier corollaire. — Théorie des dominantes. S'il est vrai qu'un mélange de chaux, de phosphate de chaux, de potasse et d'une matière azotée suffise à tous les besoins des plantes, il est vrai aussi que chacun de ces quatre termes remplit, à l'égard des trois autres, une fonction tour à tour subordonnée ou prédominante, suivant la nature des végétaux que l'on cultive, et que, pour ce motif, on appelle la *dominante* de cette plante. Il en résulte qu'avec les engrais chimiques on peut donner à chaque plante l'élément qui a le plus d'influence sur la récolte, ce qui a le double avantage de réduire la dépense, tout en portant le rendement à la limite la plus élevée.

Deuxième corollaire. — Nouveau procédé d'analyse du sol, à la portée de tous. Champs d'expériences.

Puisque l'agriculture n'a à se préoccuper que des quatre éléments de nutrition déterminés, c'est sur eux seulement que l'analyse doit porter, et elle devient d'une facilité extrême par l'établissement de *champs d'expériences* (1).

Peut-on savoir à quelle *dominante* appartiennent les diverses plantes agricoles? Voici le tableau des dominantes de M. Georges Ville.

(1) Th. Petit, *Rapport sur l'Exposition de* 1878 : Engrais, Amendements.

Tableau XXV.

PLANTES.	DOMINANTES.	ENGRAIS CHIMIQUES correspondants.
Froment. Colza. Orge. Avoine. Seigle. Prairies naturelles. Betteraves.	Azote.	Sulfate d'ammoniaque. Nitrate de soude. Nitrate de potasse.
Pois. Haricots. Féveroles. Trèfle. Sainfoin. Luzerne. Lin. Pommes de terre.	Potasse.	Nitrate de potasse. Carbonate de potasse. Silicate de potasse. Sulfate de potasse. Chlorure de potassium.
Sarrasin. Turneps. Rutabagas. Maïs. Canne à sucre. Sorgho. Navets. Topinambours.	Acide phosphorique.	Noir de raffinerie. Cendres d'os. Superphosphates. Phosphates précipités.

Le mot *dominante*, fait observer M. Joulie, introduit dans la science, en 1864, par M. Georges Ville, dans ses conférences au champ d'expériences de Vincennes, a séduit les cultivateurs, qui ont vaguement entrevu une idée vraie et féconde, sous cette expression peu grammaticale. Les savants l'ont, au contraire, assez froidement accueilli, parce que l'idée nouvelle qu'il représentait ne leur paraissait pas suffisamment précise.

M. G. Ville avait observé, en effet, qu'à Vincennes, où il faisait ses expériences, les diverses plantes cultivées n'étaient pas également influencées par les divers éléments

essentiels des engrais employés. Le froment, par exemple, était plus sensible à la suppression de l'azote que les féveroles qui, de leur côté, paraissaient beaucoup plus avides de potasse que le froment. Généralisant aussitôt cette observation, M. G. Ville enseignait dans ses conférences, que chacun des éléments de l'engrais remplissait tour à tour un rôle prédominant ou subordonné, selon la plante pour laquelle il était employé, et il appelait *dominante* de chaque plante l'élément qui lui avait paru remplir vis-à-vis d'elle le rôle prépondérant. Mais il n'a pu lui-même aller bien loin sans s'apercevoir que cette définition manquait de rigueur, car il insiste à diverses reprises pour établir que cet effet prépondérant ne se manifeste que dans les sols pourvus des autres éléments. Lorsqu'il s'agit ensuite d'assigner à chaque plante *une* dominante déterminée, il hésite et en nomme quelquefois *deux*. C'est ainsi que, pour la pomme de terre, il indique l'azote et la potasse (1). Ailleurs il nomme la potasse et la chaux comme dominantes de la luzerne.

M. G. Ville dit bien que l'expérience doit être faite sur un sol de *moyenne fertilité;* mais à quels caractères reconnaître cet état particulier du sol ?

Faut-il donc, en fin de compte, renoncer à cette idée séduisante des *dominantes* et la reléguer parmi les illusions d'un esprit trop prompt à généraliser les résultats de ces observations ?

La vérité est que chaque plante veut recevoir les éléments qu'elle tire du sol dans des proportions déterminées, de manière à atteindre, pour chacune des phases de sa végétation, à la composition type qui lui est propre. Si on désigne sous le nom de *dominante,* ou mieux d'*élément dominant*, celui des quatre éléments essentiels qui figure

(1) *La Production végétale*, 2e édit., p. 319.

pour la plus forte proportion dans la composition type de chaque plante, il est évident qu'elles ont chacune le leur; mais nous ne pourrons le connaître exactement que lorsque les analyses nécessaires à l'établissement de la composition type des végétaux auront été exécutées.

N'est-il pas évident que la multiplicité *des* dominantes enlève beaucoup de sa valeur au principe même de *la* dominante, et qu'au lieu de se préoccuper uniquement de l'élément qui est absorbé en plus forte proportion, il faut faire un pas de plus et compléter cette notion insuffisante en tenant compte des proportions mêmes dans lesquelles *tous* les éléments utiles sont assimilés, et par conséquent des *rapports types* de la composition des végétaux, déduits de l'analyse des meilleures récoltes qui peuvent être obtenues (1).

Comme on le voit, la doctrine des engrais chimiques condamne le fumier de ferme, engrais insuffisamment riche, et lui substitue les engrais chimiques, azotés, phosphatés et potassiques. Nous reviendrons plus loin sur cette doctrine et surtout sur ses résultats économiques, et nous verrons qu'elle a le grand tort d'être trop exclusive. Nous verrons que dans certains sols, dans beaucoup de sols même, la suppression du fumier de ferme entraîne à des résultats désastreux. Comme le fait si judicieusement observer M. Lechartier (2), les engrais chimiques ne sont pas économiques dans toutes les terres. Ainsi, la fumure d'un hectare de céréales monte à une somme supérieure à 200 francs. Or, est-on sûr d'obtenir toujours des récoltes en rapport avec une aussi forte dépense?

Que se passe-t-il pendant les années sèches? Les sels

(1) Joulie, *Guide pour l'achat et l'emploi des engrais chimiques*, 5e édit.

(2) Lechartier, *Agriculture théorique et pratique basée sur la chimie agricole*, p. 213.

chimiques ne pouvant être dissous en totalité, la plante ne peut se les assimiler et, la récolte une fois enlevée, tout un stock d'engrais, bel et bien payé au fabricant, reste dans le sol. Viennent ensuite les pluies d'automne, les neiges de l'hiver qui détrempent le sol, les engrais sont dissous et entraînés dans les profondeurs, le plus souvent hors de la portée des plantes. Dans ces mêmes années sèches, le fumier de ferme, si riche en eau, entretient une humidité bienfaisante dans le sol et c'est alors, surtout par l'excès d'eau qu'il renferme et que M. G. Ville lui reproche si amèrement, que le fumier de ferme devient d'une incontestable utilité.

Le rendement d'une récolte ne dépend pas seulement de la dose et de la nature des engrais qui lui sont appliqués. Il dépend aussi de la fertilité naturelle du sol et des fumures antérieures, des qualités physiques de la terre, des quantités d'humus qu'elle contient, de la profondeur des labours et du degré de perfection obtenu dans les préparations mécaniques du sol.

Nous le verrons encore, par la suite, tel engrais chimique donnera de bons résultats sur une culture dans un sol, il donnera des résultats défavorables sur un autre sol.

Dans ces derniers temps, M. Ville a modifié un tant soit peu les premiers principes qu'il avait énoncés. Après avoir proscrit le fumier, c'est-à-dire la matière organique, il y revient, propose la suppression des engrais chimiques azotés et les remplace par des enfouissements végétaux. Il prend les engrais verts, et surtout le trèfle et autres légumineuses qui puisent la plus grande partie de leur azote dans l'atmosphère, il a baptisé cette doctrine nouvelle du nom de *sidération* ou méthode *sidérale*.

Pourquoi ce nom excentrique, ou tout au moins original, qui évoque tout de suite l'action des astres? Tout simplement parce que c'est le *soleil* qui est chargé de faire passer l'azote de l'air dans les plantes. Avouons que

l'appellation est un peu forcée, car il est avéré que tous les phénomènes mécaniques, physiques ou vitaux, ont tous, pour cause plus ou moins directe, le soleil, source unique de la chaleur et de la lumière sur notre planète (1). C'est là un fait bien connu. A ce sujet, M. Grandeau rapporte une anecdote fort intéressante que nous croyons utile de mettre sous les yeux de nos lecteurs :

L'un des biographes de G. Stephenson, l'inventeur de la locomotive, raconte que l'illustre ingénieur, sortant un dimanche du temple en compagnie du célèbre géologue Buckland, arriva avec son ami sur la terrasse de Drayton, au moment où une locomotive entraînait rapidement un convoi de chemin de fer, en laissant derrière elle une longue traînée de vapeur. « Eh bien, Buckland, dit Stephenson en se tournant vers son compagnon, répondez à une question qui n'est peut-être pas très simple : Pourriez-vous me dire quelle est la force qui entraîne ce train ? — Apparemment, repartit le géologue, la force motrice d'une de vos grandes machines. — Oui, mais qui conduit la machine ? — Oh ! sans nul doute, un de vos mécaniciens de Newcastle. — Non, reprit Stephenson, cette force, c'est la lumière solaire. — Comment cela se peut-il faire ? exclama le géologue. — Je vous dis que ce n'est pas autre chose, reprit l'ingénieur : c'est la lumière qui, depuis des milliers d'années, a conservé, dans le sein de la terre, la lumière que les plantes absorbent, la lumière nécessaire à la condensation du carbone de leurs tissus pendant la vie et qui, enfouie pendant tant de siècles dans les dépôts de charbon, reparaît à la surface de la terre et, redevenue libre comme dans cette locomotive, permet à l'humanité de réaliser les plus vastes conceptions (2). »

(1) A. Larbalétrier, *Une nouvelle méthode de culture : la Sidération* (*la Maison de campagne*, 1886, 27e année).

(2) Knop, *Kreislauf des Stoffes*, t. I.

Le grand ingénieur disait vrai ; il avait pressenti, on le voit, la solidarité, si bien établie aujourd'hui, de la lumière, de la chaleur et du mouvement. Le soleil est l'origine du travail chimique de la plante, l'intermédiaire de toutes les manifestations de la force à la surface de notre planète (1).

Toutes les méthodes culturales, toutes les machines, sont donc plus ou moins *sidérales* au même titre que la pratique des *enfouissements végétaux associés à l'emploi des engrais phosphatés et potassiques*, dont M. Ville est le vulgarisateur, mais non pas l'inventeur.

Toutefois, avec M. A. Ladureau (2), il convient de faire remarquer qu'une des conséquences de l'application des engrais verts et de la sidération, sera certainement de diminuer considérablement d'ici à quelques années la demande des matières fertilisantes exclusivement azotées, et comme chaque jour, par suite des développements de l'industrie et de la meilleure utilisation de ses divers résidus, il en résultera forcément une baisse considérable du prix de l'azote engrais.

Comme on le voit, la question des engrais a une importance prépondérante en agriculture, son importance est telle qu'il est impossible de la généraliser ; c'est pourquoi, dans les pages qui suivent, nous examinons en détail les principales matières fertilisantes que l'agriculture met ou doit mettre en œuvre, qu'elles soient d'origine organique (animales et végétales) ou d'origine minérale.

L'agriculture laisse encore perdre une foule de substances riches en principes utiles, qui, recueillies avec soin et judicieusement employées, produiraient de magnifiques récoltes.

(1) L. Grandeau, *la Nutrition de la plante*, p. 387.

(2) *Quelques mots sur la sidération de M. Georges Ville* (*Moniteur des syndicats agricoles*, n° du 13 juin 1886).

Dès à présent, nous pouvons dire que toute bonne agriculture repose sur l'emploi simultané des engrais organiques (généralement le fumier) et des engrais chimiques. Tout exclusivisme, dans un sens ou dans l'autre, doit être banni de la science agronomique et de la pratique agricole, on en trouvera la preuve dans les trois chapitres qui suivent.

CHAPITRE VI.

LES ENGRAIS ORGANIQUES.

I. Engrais organiques tirés du règne animal. — Les os.— La poudre d'os, composition chimique. — Son emploi en agriculture. — Commerce des os. — Le noir animal. — Noir des raffineries. —Noir vierge.—Valeur agricole.—Emploi du noir sur les terres granitiques de la Bretagne.

Le sang desséché. — Fabrication. — Emploi agricole. — Chair musculaire. — Utilisation des cadavres des animaux. — Travaux de M. A. Girard. — Débris de laine. — Déchets de cuir. — Rognures de cornes, etc. — Engrais de poissons. — Avantages et inconvénients de ces matières fertilisantes.— Le *tangrum*. — Le guano de Norwège. — Le guano. — Production naturelle. — Composition chimique. — Emploi agricole. — Recherches de M. Chevreul concernant le guano. — Guano des chauves-souris, production.— Emploi agricole.

Matières fécales. — Composition chimique. — Traitement. — Emploi. — Valeur fertilisante de l'engrais humain. — Engrais flamand. — Vidanges. — La poudrette. — Fabrication. — Valeur agricole. — Les eaux vannes.

La colombine, la pouline. — Composition chimique. — Valeur fertilisante. — Le pacage des moutons. — Avantages et inconvénients de ce mode de fertilisation.

Le suint de laine en tourteaux.

II. Engrais organiques tirés du règne végétal. — Les engrais verts. — Enfouissements végétaux. — Durée d'action.

Les feuilles sèches et autres débris végétaux. — Leur emploi comme matières fertilisantes.— Les engrais marins.— Goémons, varechs, composition. — Avantages et inconvénients.

Résidus de fabriques : les tourteaux oléagineux. — Leur valeur fertilisante. — Leur composition chimique. — Commerce des tourteaux, importation et exportation.

Les marcs de raisin. — Les marcs de pommes et de poires. — Valeur fertilisante. — Mode d'emploi.

Le purin végétal. — Fabrication. — Valeur fertilisante.

Nous avons vu que les aliments des plantes peuvent leur

être fournis par des substances organiques, de décomposition plus ou moins lente, et par des substances minérales, de décomposition plus ou moins rapide.

Les substances organiques ont évidemment deux origines bien distinctes : les unes proviennent du règne animal, les autres du règne végétal. Nous nous occuperons d'abord des premières :

I. Les matières fertilisantes tirées du règne animal, sont excessivement nombreuses, nous n'examinerons que les principales, celles qui sont le plus fréquemment employées par les agriculteurs.

Les *os*, principalement les poussières d'os, constituent pour l'agriculture un engrais précieux, très riche en acide phosphorique. Ces os proviennent des cuisines, des équarrissages, des fabriques de boutons et enfin des champs de bataille ; cette dernière industrie a été imaginée par les Anglais.

On sait qu'à l'état frais les os renferment de l'eau, de la gélatine, des matières grasses et des sels minéraux divers. Tels qu'on les trouve dans le commerce, ils renferment, d'après M. Way :

Eau, graisse, gélatine	48
Phosphate de chaux et de magnésie	46
Carbonate de chaux	4
Sels alcalins	2
	100

Mais ce n'est pas ainsi qu'ils sont employés comme matière fertilisante ; ils sont d'abord débarrassés de leur matière organique et surtout de la graisse qui, introduite dans le sol, pourrait nuire à la végétation. Quelquefois on leur laisse la gélatine (matière azotée), d'autres fois on leur enlève cette matière et l'on calcine la poudre obtenue, on a alors une substance blanche, terreuse, appelée

terre d'os, surtout formée de phosphate de chaux, de carbonate de chaux et de phosphate de magnésie.

On peut encore calciner les os en vases clos, ils constituent alors le *noir animal* dont il est parlé plus loin. Enfin, on peut les traiter par l'acide sulfurique pour leur faire subir une transformation chimique, on obtient de ce fait les superphosphates d'os dont il est parlé dans un autre chapitre.

D'après les recherches de M. Frémy, 100 parties d'os secs et dégraissés contiennent un peu plus de 30 pour 100 d'*osséine*, matière organique renfermant 17 pour 100 d'azote, soit environ 5 pour 100 d'azote dans les os secs et dégraissés.

Voici, d'après le docteur Vœlcker, la composition de deux échantillons d'os bouillis dont on a extrait la graisse et la gélatine, à l'usage des fabricants de colle forte; ces os, très employés par les agriculteurs anglais, renferment encore de la matière organique qui, en se décomposant, donne de l'ammoniaque.

	A	B
Eau	8,06	7,70
Matière organique (1)	25,45	25,45
Phosphate tribasique de chaux et de magnésie	60,48	43,73
Carbonate de chaux	3,25	9,77
Sels alcalins	0,43	
Sable	2,33	13,53

La poudre d'os, également très employée en Angleterre, surtout pour la culture des turneps et sur les prairies, renferme également une notable quantité d'azote. Voici l'analyse d'une de ces poudres :

(1) Contenant 1,84 d'azote, soit 2,24 d'ammoniaque pour l'échantillon A, et 2,78 d'azote ou 3,37 d'ammoniaque pour l'échantillon B.

Eau	10,58
Matière organique (1)	30,61
Phosphate de chaux	51,67
Carbonate de chaux	6,03
Sels alcalins	0,58
Sel marin	»
Matière siliceuse insoluble	0,53

C'est en Angleterre que l'emploi des os comme engrais s'est le plus généralisé ; les premiers essais datent de 1802, et sont attribués à Friedrich Kropp, de Solingen ; quelques années après, on vit s'installer chez nos voisins d'outre-Manche une foule de moulins dont quelques-uns broyaient jusqu'à 20 000 kilogrammes d'os par jour ; ceux-ci sont importés de tous les pays du monde, surtout de l'Allemagne et de l'Amérique. On cite quelques fermiers anglais qui achètent tous les ans pour plus de 18 000 livres de ces engrais. M. Payen s'est spécialement occupé de la fabrication de ces engrais lors d'un voyage qu'il fit, en 1849, en Angleterre dans le but d'étudier quelques industries agricoles de ce pays.

Les os peuvent être broyés : 1° par des *bocards*, espèces de pilons munis inférieurement de marteaux en fonte ; 2° par des meules verticales en fonte ou en granit du poids de 2 000 à 3 000 kilogrammes ; 3° enfin, par des machines à cylindres en fonte dure, armés de dents, qui tournent en sens contraire avec des vitesses différentes. La machine écossaise d'Anderson, construite sur ce principe, peut broyer par heure environ 1 500 kilogrammes d'os bruts (2).

En France, à Thiers, et dans plusieurs localités du Puy-de-Dôme, où l'agriculture utilise, avec beaucoup d'à-propos, les débris de la fabrication des manches de couteau, on emploie, pour diviser cet engrais, une petite

(1) Contenant 3,71 d'azote, soit 4,50 d'ammoniaque.

(2) A. Bobierre, *Leçons de chimie agricole*, 1872.

machine bien simple. C'est une espèce de râpe tournante contre laquelle on presse les os dans une trémie doublée en forte tôle ou en plaques de fonte. La pression s'exerce au moyen de leviers. On obtient ainsi une matière comparable à de la sciure de bois grossière.

Quel que soit au surplus le procédé mécanique employé pour rendre plus rapidement assimilables les os bruts ou modifiés par la chaleur, il ne peut qu'atténuer, sans les détruire, certaines conditions de résistance dues aux affinités chimiques du sol, qui sont propres à la molécule même du phosphate osseux. Aussi préfère-t-on leur faire subir dans la généralité des cas le traitement à l'acide sulfurique, qui les transforme en superphosphates d'os.

La poudre d'os, pour agir avec efficacité, ne doit être employée que dans les terres humides. Généralement, on répand de 10 à 15 hectolitres de poudre d'os par hectare, en y associant d'autres engrais ; la durée d'action ne dépasse guère une année (1)

Nous donnons ci-dessous les tableaux des importations et des exportations d'os en France (2). On peut remarquer que notre exportation en Angleterre, qui était naguère encore de 6 millions de kilogrammes, n'est plus que de 1 400000 kilogrammes.

Moyenne d'exportation d'os de France en Angleterre :

De 1867 à 1876	4 735 337 kilog.
En 1869	2 893 238
1870	6 187 431
1871	5 660 013
1874	3 261 454
1875	5 781 238
1876	3 824 459

(1) A. Larbalétrier, *les Engrais organiques et le fumier de ferme*, 1 broch. in-18 jésus.

(2) T. Collot, *Étude sur les engrais commerciaux, leur emploi et leur fabrication*.

Exportation d'os en 1878 :

Allemagne	935 509 kilog.
Belgique	716 067
Angleterre	1 396 958
Italie	85 909
Suisse	270 653
Autres pays	20 000
	3 424 896 k.

Importation d'os en France en 1878 :

Allemagne	145 134 kilog.
Belgique	918 082
Angleterre	1 632 902
Espagne	2 803 209
Italie	1 974 259
Suisse	454 475
Grèce	328 215
Turquie	112 357
États barbares	261 060
États-Unis : océan Atlantique	1 168 464
Mexique	71 000
Brésil	621 010
Uruguay	634 562
République Argentine	780 107
Algérie	1 152 895
Autres pays	141 058

Le *noir animal* provenant des raffineries est aussi employé comme engrais phosphaté et azoté. On le répand à la dose de 4 à 10 hectolitres par hectare, surtout en Bretagne. Nantes est le principal marché des noirs d'os. M. A. Bobierre, professeur à l'École supérieure des mines de cette ville, s'est particulièrement occupé de ces engrais. Nous ne saurions mieux faire que de lui laisser la parole. Mais voyons tout d'abord ce qu'est ce noir des raffineries :

En calcinant, dans des vases clos, des os quelconques avant qu'ils aient perdu toute la gélatine qu'ils renferment, on obtient le *noir animal*, mélangé de charbon et d'os,

qui, réduit en poudre, possède des propriétés décolorantes manifestes, grâce auxquelles le noir d'os est employé, dans les fabriques de sucre, pour décolorer les jus. Comme on ajoute, dans les raffineries, environ 1 pour 100 de sang de bœuf à 3 ou 4 pour 100 de noir, le *noir des raffineries*, c'est-à-dire ayant servi, renferme, lorsqu'il est desséché, et après avoir servi à la clarification des jus, environ 20 à 25 pour 100 d'albumine, matière azotée précieuse.

Pendant longtemps ce noir des raffineries, véritable résidu, fut abandonné et servit à remblayer les terrains dans les environs des fabriques de sucre ; ce n'est qu'à partir de 1829 qu'il fut employé comme engrais.

Il est difficile de se faire une idée de l'activité et de l'importance des transactions effectuées à Nantes chaque année, notamment de mars à septembre, à l'occasion des ventes de noir animal. Dans ce port arrivent à la fois les résidus de clarification de Paris, de Bordeaux, de Marseille, du Havre, d'Orléans, de Lisbonne, de Londres, de Liverpool, de Hambourg, d'Amsterdam, de Rotterdam, de Stettin, de Venise, de Kœnigsberg, de Gottembourg, etc. ; les noirs en grains de Saint-Pétersbourg, de Riga et de New-York ; les résidus de la revivification et du blutage des sucreries indigènes ; les noirs fins provenant de la carbonisation des os et après extraction de la gélatine, puis les produits de la calcination des déchets de la boutonnerie, etc., etc. Au surplus, je ne saurais mieux caractériser cet énorme mouvement de substances fertilisantes qu'en vous soumettant des chiffres officiels.

J'établissais, en 1851, que la quantité de noir animal livrée sur le marché de Nantes représentait une valeur de 18872120 francs, et que 2500000 hectolitres de tourbe divisée avaient été mélangés à ce noir. Dans la période de 1850 à 1860, la consommation agricole a donné lieu à une

vente de 29 222 416 francs, correspondant à un volume de 2 086 942 hectolitres (1).

Nantes fut pendant longtemps le point commercial vers lequel convergeaient tous les arrivages de noir. Il n'en est plus de même aujourd'hui. Ainsi, de 1860 à 1869, il a été introduit dans le port de Nantes environ 794 632 hectolitres. A cette quantité, il faudrait ajouter la production annuelle des raffineries de Nantes, qui doit s'élever, pour cette période, à 10 ou 15 millions de kilogrammes, soit 105 263 hectolitres. Il faudrait ajouter enfin les introductions par chemin de fer, qui atteignent aujourd'hui un chiffre considérable.

Les noirs n'ayant pas servi sont désignés sous le nom de *noirs vierges ;* quant aux noirs résidus des raffineries, on les désigne sous trois désignations différentes, qu'il faut connaître :

Les *noirs gros grains*, qui ont une couleur terne plus ou moins grisâtre, laissent apercevoir à l'œil nu la contexture des os qui les ont fournis ; c'est dire que cette substance est en fragments irréguliers dont la grosseur peut aller jusqu'à celle d'un pois. La plupart viennent de Russie ; il est bien rare qu'ils soient employés en nature comme engrais, généralement on les mélange avec des matières fécales après les avoir broyés.

Les *noirs grains* ont beaucoup d'analogie avec les précédents, mais plus finement broyés. Ces noirs renferment parfois jusqu'à 10 et 15 pour 100 de carbonate de chaux provenant des grandes quantités de chaux employée pour la défécation dans les sucreries.

Les *noirs fins* sont plus divisés que les autres, ils proviennent de la clarification des sirops de sucre, ils sont plus chargés de principes fertilisants que les précédents et sont par cela même plus énergiques comme engrais.

(1) A. Bobierre, ouvr. cité.

Voici la composition d'un noir vierge et d'un noir résidu de la raffinerie.

	Noir vierge.	Noir résidu.
Azote pour 1000	11,2	20,1
Charbon et matières organiques	12,60 0/0	29,50 0/0
Sels solubles	1,00	1,90
Résidu siliceux	2,70	5,50
Phosphate de chaux et de magnésie.	73,1	55,00
Carbonate de chaux	8,00	8,10
Alumine, oxyde de fer et perte	2,60	1,00

Comment agit le noir animal ? Est-ce par le phosphate de chaux ou l'azote qu'il renferme ? Certes, dans un noir très pauvre en matières fermentescibles, c'est le phosphate de chaux qui fait prévaloir son action ; mais si l'on fait allusion à certains résidus de clarification riches en matière azotée, il faut reconnaître que des phénomènes multiples caractérisent leur rôle dans le sol arable.

Dans les résidus de clarification, la propriété fertilisante est due à des causes multiples. Sang coagulé, charbon poreux, sirop en fermentation, acides qui en dérivent, phosphates terreux, tout concourt à donner à l'engrais une action favorable. Si l'on prend, fait encore remarquer M. Bobierre, un noir fin provenant de la clarification et qui ait séjourné une quinzaine de jours dans la cour de l'usine où il a été produit, on remarque qu'il est couvert de moisissures et que sa température est élevée. Soumis à l'ébullition avec de l'eau distillée, ce noir donne lieu, après la filtration, à une solution jaune clair franchement acide, dans laquelle l'ammoniaque détermine, au bout de quelques instants, un assez volumineux précipité de phosphates de chaux et de magnésie. Les acides carbonique, acétique, butyrique, etc., produits par la fermentation, la matière organique, le saccharate de chaux, les sels ammoniacaux, tout concourait donc à dissoudre le phosphate de chaux. La matière azotée du noir de raffinerie joue donc, tant par son action

directe que par son action intermédiaire relativement aux phosphates, un rôle des plus importants dans l'utilisation agricole de cet engrais.

Le noir constitue un excellent engrais pour les terres nouvellement défrichées; toutefois, c'est une matière fertilisante qu'il faut employer avec discernement.

Là où existent des conditions bien tranchées d'acidité du sol ; là où les matières organiques abondent, les phosphates sont soumis à des influences dissolvantes très énergiques, et leur effet est immédiat. Au contraire, si le calcaire prédomine, ou encore si le sol arable est suffisamment riche en phosphates assimilables, il est convenable de délaisser le noir animal pour adopter les engrais azotés.

Les cultivateurs bretons et vendéens savent parfaitement que le marnage, le chaulage, l'écobuage sont défavorables à l'action du noir. La chaux, disent-ils, *brûle le noir*. Dans les noirs de sucreries du Nord, où le carbonate de chaux s'élève quelquefois à 24 pour 100, l'action du phosphate est souvent paralysée pendant quelque temps; aussi les emploie-t-on de préférence pour les associer à des composts riches en substance organique, tels que la tourbe animalisée et où, par conséquent, les principes dissolvants sont accumulés.

M. Moll, pour étudier l'influence du chaulage sur les terres fumées à l'aide du noir animal, a fait à diverses reprises l'expérience suivante : une pièce de landes, récemment défrichée, fut divisée en trois parties ; la première reçut 4 hectolitres de noir à l'hectare; dans la deuxième, on mit une quantité de chaux variant de 30 à 100 hectolitres à l'hectare, plus 4 hectolitres de noir répandu, comme d'habitude, en même temps que la semence sur le terrain chaulé ; la troisième, enfin, ne reçut que de la chaux aux mêmes doses que dans la seconde partie.

Cette troisième partie, lorsque le chaulage dépassait

50 hectolitres, a donné généralement d'assez beaux produits en blé et avoine, quoique inférieurs à ceux de la partie purement fumée au noir; mais il n'y a jamais eu qu'une végétation languissante dans la deuxième partie qui avait reçu du noir et de la chaux.

D'après le même auteur, l'écobuage dans le centre-ouest a toujours été défavorable à l'action du noir, et cela se comprend, puisque les matières organiques, si propres à dissoudre les phosphates, sont éliminées par l'action de la chaleur.

Enfin, nous ne nous étendrons pas sur les prodigieuses transformations accomplies en Bretagne, dans l'Orléanais, la Sologne, etc., sous l'influence du noir animal, qu'il nous suffise de les mentionner.

Le *sang desséché* provenant des abattoirs est un engrais très énergique; ce n'est, toutefois, que depuis 1825, époque à laquelle M. Payen fit connaître ses propriétés, que le sang a reçu cette destination.

Frais, il ne peut être employé, car il se corrompt avec trop de rapidité, mais on y ajoute généralement du charbon, de la terre, de la tourbe, du plâtre ou de la chaux.

La dessiccation du sang pour les usages de l'agriculture se fait surtout à Paris. Le sang des abattoirs de Paris, dont la production atteint annuellement 300000 tonnes, est recueilli avec soin dès que les animaux sont abattus; il est fortement agité avant son refroidissement. Cette agitation précipite la fibrine, on évite ainsi sa coagulation ultérieure. Cette fibrine recueillie est soumise à la presse et constitue des gâteaux qu'on fait sécher, puis réduits en poudre, qu'on ajoute à l'autre partie du sang. Celle-ci, qui est défibrinée par conséquent, se présente sous l'aspect d'un liquide noirâtre et odorant. On le dépose dans une série de cuves en bois, dans chacune desquelles aboutit un tuyau amenant un jet de vapeur. Celle-ci élève bientôt la température du

sang à 60 degrés, l'albumine se coagule, entraînant avec elle la matière colorante, et le liquide s'épaissit de plus en plus (1).

La pâte fluide et chaude qui en résulte est mise dans de petits sacs de toile, déposés eux-mêmes sur un plateau en couches séparées par des claies, le tout est soumis à l'action de la presse. On extrait ainsi de la masse un liquide presque incolore et contenant les sels solubles du sang; ce liquide n'a pas d'emploi. Quant à la matière solide qui reste dans les sacs, elle constitue des galettes minces, brunâtres, qu'on dessèche à l'étuve et qui, alors, prennent un aspect vitreux et une texture dure et cassante. On les broie ensuite au moulin et on met la poudre en tonneau; c'est ainsi que le sang est expédié.

Sous cet état, cet engrais peut être facilement incorporé à la couche arable.

MM. Boussingault et Payen ont trouvé dans cette substance :

Azote............................	12,180 0/0
Acide phosphorique	1,68 0/0

Cet engrais, dit M. Deschiens (2), se présente sous forme d'une poudre brune à odeur forte et repoussante. On peut

(1) Aujourd'hui on fait le plus souvent la coagulation au moyen du sulfate de peroxyde de fer; on emploie ce sel en dissolution marquant 45 degrés Baumé, et dans la proportion de 5 litres par hectolitre de sang. Il se forme alors une pâte jaune relativement ferme, s'égouttant facilement et pouvant se presser.

(2) *La Semaine vétérinaire*, t. II, p. 274 : *Utilisation du sang*, par M. Deschiens, ingénieur des arts et manufactures. D'après cet auteur, on a tué à la Villette en 1883 :

250 852 bœufs, vaches ou taureaux;

183 619 veaux;

1 506 598 moutons.

En moyenne, les volumes de sang fournis par chacun de ces divers animaux sont les suivants :

l'employer pur, à la dose de 300 à 600 kilogrammes par hectare.

Le sang desséché est appliqué surtout aux colonies ; il donne d'excellents résultats sur les cultures de cannes à sucre, de caféiers et de cotonniers.

Cet engrais est rarement employé seul ; on l'associe le plus souvent à du noir animal, à des phosphates, de la tourbe, etc.

La *chair musculaire* des animaux morts de maladies constitue encore un excellent engrais. Lorsqu'un animal meurt accidentellement, ses chairs sont le plus souvent incorporées aux composts de la ferme ; mais il peut arriver malheureusement qu'un grand nombre de têtes périssent simultanément ; il faut alors utiliser les cadavres comme engrais en s'entourant des précautions indispensables pour ne pas propager la maladie contagieuse qui a amené l'hécatombe.

M. Aimé Girard a étudié cette question dans ces dernières années et il a présenté sur cet important sujet, à l'Académie des sciences et à la Société nationale d'agriculture, une communication que nous croyons utile de résumer ici :

Les cadavres des animaux morts de maladies contagieuses et particulièrement du charbon sont devenus, aujourd'hui, pour l'agriculture, un embarras sérieux. Il y a peu d'années encore on recommandait de les enfouir ; mais, depuis les derniers travaux de M. Pasteur sur la vitalité des spores charbonneuses et leur retour à la surface

Bœufs, vaches, taureaux, 18 litres ;
Veaux, 3 litres ;
Mouton, 1l,50.

L'abattoir de la Villette produit donc par an 69 580 hectolitres, représentant en produits fabriqués près de 400 000 francs (*engrais*, *hémopulvine*, poudre alimentaire, l'*albumine*, employée dans l'impression des étoffes, le *sang cristallisé*, etc.).

du sol par l'intermédiaire des lombrics, on a dû reconnaître que l'enfouissement ne constitue en aucune façon un obstacle à la propagation de la maladie (1).

Pour mettre obstacle à cette propagation, c'est à d'autres procédés qu'il convient de s'adresser ; c'est aux procédés qui déterminent la destruction de tous les éléments virulents dont le cadavre de l'animal est bondé.

C'est ainsi que dans ces derniers temps on a conseillé, d'un côté, la combustion des cadavres ; d'un autre, le dépeçage du corps de l'animal, la cuisson de sa chair à 100 degrés et l'utilisation de la viande ainsi cuite à l'alimentation des porcs. Appliqués dans leur intégrité, avec une rigueur scientifique, ces deux procédés ont une valeur indiscutable ; mais beaucoup de personnes craignent que, dans la pratique, une combustion incomplète, une cuisson à température trop peu élevée ne laissent subsister le danger de contagion.

Le procédé indiqué par M. Aimé Girard solubilise en entier le cadavre sans qu'il soit nécessaire de le dépecer et détermine du même coup la mort de tous les éléments virulents, et enfin permet de retirer de la matière ainsi traitée un profit sérieux encore, quoique modeste.

Ce procédé consiste à dissoudre *à froid*, dans l'acide sulfurique concentré, le cadavre de l'animal, pour ensuite utiliser le liquide ainsi obtenu à la production d'un superphosphate de chaux azoté (2).

L'action que les acides minéraux exercent sur les diverses matières dont le corps des animaux est formé, est depuis longtemps connue ; les analystes y ont recours pour

(1) Voir A. Larbalétrier, *le Lombric ou ver de terre, considéré au point de vue agricole et horticole*. 1 broch., 1882.

(2) Aimé Girard, *Recherches sur la destruction et l'utilisation des cadavres des animaux morts de maladies contagieuses et notamment du charbon.*

la recherche des poisons ; les fabricants d'engrais chimiques utilisent pour leurs mélanges des matières azotées (cuirs, déchets, etc.) dissoutes dans l'acide sulfurique ; enfin, l'on ne saurait oublier qu'en 1868 Boucherie a proposé de traiter les cadavres des animaux morts par l'acide chlorhydrique bouillant ; mais, dans ces divers procédés, c'est toujours en recourant à l'emploi de la chaleur artificielle que la solubilisation de la matière animale a été obtenue.

Le sirop noir acide et azoté, fourni par la dissolution des cadavres ainsi traités, ne renferme aucun élément virulent. L'un des plus habiles collaborateurs de M. Pasteur, M. Roux, a bien voulu examiner le léger résidu insoluble qu'on y voit encore en suspension. Inoculé à plusieurs animaux très aptes à prendre le charbon, ce résidu n'a produit sur eux aucun effet; la culture n'a pu y montrer aucun germe charbonneux : l'acide sulfurique azoté, en un mot, constitue, au point de vue de la propagation du mal, un produit absolument inoffensif.

L'acide sulfurique azoté, marquant 43 degrés environ, conserve, malgré la présence de la matière animale dissoute, toute son aptitude à attaquer les phosphates de chaux naturels, en même temps que, riche à 0,80 environ d'azote, à 0,50 environ d'acide phosphorique soluble, il apporte dans la préparation des superphosphates des éléments de fertilité qu'il convient de ne pas négliger.

L'installation des cuves d'immersion, la manutention des acides, le travail du superphosphate peuvent, d'ailleurs, à l'aide de dispositions simples, être rendus aussi faciles que peu dangereux pour le cultivateur.

Les *débris de laines*, cornes, crins, poils, plumes, etc., constituent des matières fortement azotées qu'il importe de ne pas laisser perdre. Comme ces débris sont de très lente décomposition, on les incorpore généralement aux

composts en ajoutant de fortes proportions de chaux.

Les chiffons de laine ont été particulièrement employés en Champagne, où ils ont donné les résultats les plus avantageux ; on les mêle souvent au fumier.

Ils sont appliqués à la dose de 300 kilogrammes par hectare ; cette fumure dure environ trois ans.

Ces chiffons enterrés entiers ont l'inconvénient de faire pousser les récoltes inégalement. On les coupe avec des faux implantées dans des planches. Lorsque les chiffons de laine ont été divisés, on peut, ainsi que l'a proposé Schwertz, les laisser séjourner sur l'ais d'une bergerie, ou les jeter dans une fosse contenant du jus de fumier.

Ces chiffons se vendent de 5 à 8 francs les 100 kilogrammes. On les applique à la dose de 1 200 à 2 000 kilogrammes à l'hectare.

MM. Coignet ont eu l'idée de rendre plus assimilables ces matières organiques de lente décomposition, par une sorte de torréfaction en vases clos, qui a l'avantage de permettre aux cultivateurs de tirer rapidement profit de substances qui ne céderaient à la végétation les principes qu'elles contiennent qu'en un grand nombre d'années.

Les déchets (rognures de cuirs, vieilles savates, déchets de courroies) sont soumis, en vase clos, à un bain de vapeur de 3 ou 4 atmosphères de pression. Sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, le cuir se renfle et se boursoufle ; après quelques heures de ce traitement, on retire ces débris et on les traite par environ 8 pour 100 de leur poids d'acide sulfurique, de manière que toute la masse soit bien imbibée. Après cet arrosage, on peut alors, sans crainte, porter ces matières à une température de 300 degrés dans des torréfacteurs de divers systèmes, de façon à faire subir à la matière organique un commencement de décomposition, sans crainte de perdre une partie d'azote, car l'ammoniaque qui peut se dégager dans la

torréfaction est fixé à l'état de sulfate d'ammoniaque.

La matière torréfiée est alors passée dans des broyeurs ou plutôt des matières à effilocher, de manière à la réduire en poudre plus ou moins fine.

Pour la laine, le feutre et les poussières de crin, on n'a pas besoin d'avoir recours à la digestion sous pression de vapeur. Ces matières imbibées d'acide sulfurique étendu d'eau sont passées immédiatement au torréfacteur (1).

Le *suint* extrait des laines est également une matière fertilisante d'une grande valeur; de plus, l'eau des rivières saturée de suint est très nuisible aux poissons. Aussi a-t-on cherché à utiliser cette matière qui est perdue pour l'agriculture. Aujourd'hui, dans les manufactures de lainages du Nord, les suints des laines lavées sont recueillis, condensés et réduits en tourteaux. Ces tourteaux contiennent 2 à 3 pour 100 d'azote, et 50 à 60 pour 100 de matières organiques. On les vend actuellement à Cambrai au prix de 3 francs les 100 kilogrammes par quantités de 1 000 kilogrammes, ce qui fait ressortir le kilogramme d'azote à 1 franc ou 1 fr. 50, la matière organique étant donnée en sus (2).

Ces tourteaux de suint sont rapidement décomposés dans les terres pourvues de calcaire. Dans les sols argileux, au contraire, leur action est lente. Dans ce dernier cas, on fera bien de les mélanger avec de la chaux ou avec des écumes de défécation provenant des sucreries. On les emploie à la dose de 6 000 à 8 000 kilogrammes à l'hectare.

Dans la préparation industrielle des poissons conservés, tels que sardines, harengs, morues, saumons, etc., on

(1) T. Collot, *Études sur les engrais commerciaux, leur emploi et leur fabrication*, p. 57 et suiv.

(2) *Journal des campagnes et d'agriculture progressive*, rédacteur en chef, M. Malé ; numéro du 18 décembre 1886.

obtient une foule de résidus (têtes, écailles, déchets), qui, à l'état sec, renferment de 10 à 12 pour 100 d'azote, ainsi qu'une quantité notable de phosphates et de sels alcalins.

Ces engrais sont très employés dans les contrées voisines de la mer. Toutefois leur emploi n'est à conseiller que lorsque la préparation industrielle qu'on leur a fait subir les a complètement débarrassés des matières huileuses qu'ils renfermaient.

Il y a longtemps que l'industrie est à la recherche de procédés économiques capables de faire servir les poissons à la fabrication des engrais. Jusqu'ici les procédés mis en œuvre n'ont pu procurer en tous lieux des bénéfices suffisants aux fabricants, dont quelques-uns se sont retirés avec des pertes considérables.

Et pourtant le traitement des poissons renferme deux sources très importantes de produits qui semblent, à première inspection, permettre et devoir encourager la création de grandes usines. Les huiles et graisses, qui ne sont d'aucune utilité dans les engrais, peuvent alimenter plusieurs branches d'industrie, telles que fabrication d'huile médicinale, celle d'huile pour les corroyeurs, le commerce des matières pour la pêche, etc., tandis qu'après avoir retiré ces matières, la poudre qui reste après dessiccation et broyage est fort riche en éléments fertilisants.

Le tableau suivant des analyses faites par M. Payen, montre que la quantité de graisse contenue dans la chair de poisson à l'état normal, telle qu'on la livre dans le commerce, est très variable, car de 0,212 pour 100 parties, elle va jusqu'à 23 pour 100. Les autres substances ont des écarts beaucoup moins forts.

Tableau XXVI.

NOMS des POISSONS.	EAU.	MATIÈRES sèches.	GRAISSE.	SUBSTANCES minérales.	AZOTE.
Raie	75 489	24 511	0 472	1 706	3 846
Congre	79 909	20 091	5 021	1 106	2 172
Morue salée	47 029	52 971	0 383	21 320 (1)	5 023
Hareng salé	48 998	51 002	12 718	16 433 (2)	3 112
Hareng frais	70 000	30 000	10 800	1 900	2 450
Merlan	82 950	17 050	0 383	1 083	2 416
Maquereau	68 277	31 725	0 758	1 846	2 747
Sole	86 144	13 856	0 248	1 229	1 911
Limande	79 412	20 588	2 058	1 936	2 898
Saumon	75 704	24 296	4 849	1 279	2 095
Brochet	77 530	22 470	0 602	1 293	3 258
Carpe	76 968	23 032	1 092	1 385	3 498
Barbillon	89 249	10 651	0 212	0 900	1 571
Goujon	76 889	23 111	2 676	3 443	2 777
Ablette	72 889	27 111	8 124	3 253	2 689
Anguille	62 076	37 924	23 861	0 773	2 000

(1) Sur 21 320 de matières minérales, il y avait 19 544 de sel marin.
(2) Sur 16 433 du matières minérales, il y avait 14 623 de sel marin.

La poudre obtenue par le broyage, après extraction de la graisse et de l'huile et dessiccation de la matière, a donné à M. Payen les résultats suivants sur 100 parties:

Eau	1,00
Matières organiques azotées	80,10
Sels solubles (chlorure de sodium, carbonate d'ammoniaque, etc.)	4,50
Phosphate de chaux et de magnésie	14,10
Carbonate de chaux	0,06
Silice	0,02
Magnésie et perte	0,22
	100,00

En résumé et en d'autres termes, la poudre de poisson

desséchée contient : 12 pour 100 d'azote ; 14,1 pour 100 de phosphates (1).

La pêche de la morue à Terre-Neuve donne, d'après M. Payen, un chiffre minimum de 700 000 tonneaux de débris qui sont jetés à la mer, où ils ne produisent rien de directement utile pour nous.

Si ces 700 000 tonneaux de débris de poisson étaient cuits, pressés, désagrégés et pulvérisés, ils produiraient plus de 150 millions de kilogrammes d'une poudre réunissant les propriétés comparables à celles du meilleur guano du Pérou.

Les produits pourraient même être doublés si l'on y ajoutait une partie des harengs que fournirait la pêche au-delà de la consommation. Une quantité considérable de harengs excédant la consommation comme aliment, soumise à l'ébullition dans l'eau, laisse surnager une huile utilisée dans l'éclairage, le corroyage, etc. ; le résidu, os et chair, forme le *tangrum*, dont M. de Quatrefages a proposé l'emploi comme engrais (2).

Il y a quelques années, M. Rohart préparait le *guano de Norwège* avec les débris de morue provenant des pêcheries de la Scandinavie. Les débris étaient d'abord séchés à l'air, puis soumis à l'action de la vapeur à une pression de 6 atmosphères ; ensuite on les faisait passer dans des étuves à air, l'engrais devenait aussi friable et pouvait être facilement pulvérisé.

On peut appliquer l'engrais de poisson sur les céréales en végétation à l'entrée du printemps ; c'est sur les terres crayeuses ou calcaires qu'il donne les meilleurs résultats (3). On l'applique à la dose moyenne de 300 kilogrammes par hectare.

(1) Th. Petit, *Études sur l'Exposition universelle de* 1878. Engrais, Amendements.

(2) Payen, *Chimie industrielle*, t. II.

(3) A. Larbalétrier, *Traité-manuel de pisciculture d'eau douce*.

On doit sans doute attribuer, en grande partie, aux excréments et autres débris de poisson la fertilité dont jouissent les étangs empoissonnés lorsqu'on les met à sec (1). M. de Gasparin s'est assuré directement et à plusieurs reprises, que le dépôt qui se trouve au fond des bassins ou viviers bien peuplés de poissons, répandu sur des luzernes, y produisait des effets remarquables.

On a remarqué en Angleterre que les harengs font pousser les plus riches récoltes sur les terres les moins fertiles ; les fermiers du Norfolk payent aux pêcheurs à raison de 35 à 45 francs les 1 000 kilogrammes. La mer, dans certaines localités, peut en fournir indéfiniment (2).

A Dunkerque, on emploie les débris de morue, de hareng et les poissons qui, dans les temps de pêche fructueuse, commencent à se corrompre. Dans les environs de Quimper, on utilise les têtes de sardine.

Ces débris sont mêlés à de la chaux vive dans la proportion de 1 hectolitre de chaux pour 3 de poisson.

Nous arrivons maintenant à un autre engrais d'origine animale qui joue et a surtout joué, il y a quelques années, un grand rôle en agriculture, nous voulons parler du *guano*.

En raison même de son importance agricole, industrielle et commerciale, le guano a donné lieu de la part des agronomes à une foule de travaux. Nous ne saurions mieux faire que de reproduire *in extenso* le mémoire que l'éminent maître M. Chevreul a publié sur cet engrais. Il résume non seulement toutes les recherches des agronomes, mais encore celles du célèbre savant lui-même, qui a traité le sujet aux trois points de vue précédemment cités. Nous lui laissons donc la parole ; vouloir faire aussi

(1) Is. Pierre, *Chimie agricole*.

(2) E. Menault, *les Engrais, manuel à l'usage des cultivateurs*, 1 vol., 1881, p. 146.

bien serait au-dessus de nos forces, vouloir faire mieux est impossible. M. Chevreul examine ainsi la question du guano :

1° Au point de vue de sa production naturelle ;

2° Au point de vue de sa composition chimique ;

3° Au point de vue de la science agricole ;

4° Au point de vue de l'application à l'économie sociale.

1° Le *guano* proprement dit se trouve dans de petites îles de l'océan Pacifique, voisines des côtes du Pérou. Il provient des déjections des oiseaux aquatiques qui s'y reposent et y passent la nuit. A une époque reculée, il était en couches horizontales ou peu inclinées, formant des monticules dont la consommation a été croissant, surtout depuis le voyage mémorable de MM. de Humboldt et de Bonpland qui, au commencement du siècle, l'ont fait connaître à l'Europe, et dont Vauquelin a révélé le premier la composition chimique.

M. Francisco de Rivero dit qu'on trouve encore du *guano* sur des promontoires, sur des falaises et dans des anfractuosités ; on l'y trouve en couches inclinées et quelquefois presque verticales.

Des gisements présentent des œufs plus ou moins modifiés, comme je l'ai reconnu, et des débris d'objets façonnés par la main des hommes. On y a même, dit-on, trouvé des bijoux d'or, preuve que le *guano* n'a pas toujours été formé là où on le voit aujourd'hui.

Dans tous les cas, il faut admettre que l'usage du guano au Pérou a toujours été fort limité, eu égard à l'étendue des terres cultivées par les Indiens sous les Incas.

Dans l'intérieur des terres, on recourait et on recourt encore à l'emploi de l'engrais humain desséché et pulvérulent. Sur le littoral, comprenant à peu près 900 lieues de côtes, on n'employait guère le guano pur que sur

200 ou 300 lieues ; le reste du littoral recevait, dit-on, un mélange à parties égales de têtes de sardine et de guano, qu'on déposait dans un trou avec des grains de maïs et après avoir enlevé une couche de sable.

Je dois ajouter qu'entre Islacy et Pisco on a trouvé une *matière* qui a été employée comme *engrais* sous la dénomination de *lobos*, et qui n'était pas autre chose que des excréments de phoques fréquentant ces parages.

D'après ce qui précède, on ne peut comprendre la formation des dépôts de *guano* proprement dit qu'en faisant remonter l'origine à une époque de longtemps antérieure à l'usage qu'on en fait comme *engrais* et que, tant que cet usage a été limité au littoral du Pérou baigné par l'océan Pacifique, la consommation annuelle en a été très faible. En outre, il n'a pu s'accroître et se conserver que dans les localités où il était à l'abri des pluies et préservé surtout du contact libre des agents atmosphériques, si disposés à l'altérer dans les régions tropicales.

2° Les matières trouvées par M. Vauquelin dans le guano que lui avaient remis MM. Humboldt et Bonpland étaient : l'acide *urique* uni à l'*ammoniaque* et à la *chaux; l'oxalate ammoniaco de potasse;* le *phosphate de chaux ;* le *phosphate ammoniaco de potasse;* le *sulfate de potasse;* le *chlorhydrate d'ammoniaque ;* le *chlorure de potassium ;* une *matière grasse ;* un *sable quartzeux* et *ferrugineux*. Les guanos que j'ai examinés m'ont été remis, en 1875, par M. Barral, qui les tenait de M. Dreyfus.

Ils m'ont présenté les matières suivantes. Je distingue celles que Vauquelin avait reconnues dans les guanos qu'il tenait de Humboldt et Bonpland par un astérique :

Silice* ; chlorure de potassium; chlorure de sodium*; carbonate d'ammoniaque de diverses espèces, l'une, nouvelle, faisant effervescence avec l'eau en dégageant du gaz acide carbonique; oxalate d'ammoniaque; avate d'ammo-

niaque*; chlorhydrate d'ammoniaque; phosphate d'ammoniaque hydraté, d'aspect vitreux*; phosphate de chaux*; phosphate de magnésie*; sulfate de potasse*; urate d'ammoniaque*; urate de chaux; phosphate ammoniaco de potasse hydraté; phosphate ammoniaco de soude hydraté; sulfate ammoniaco de potasse, que j'avais reconnu dans le sol de Kuyloch, en Angleterre (année 1824);

Union des oxalates d'ammoniaque, de potasse et de chaux; chlorhydrate d'ammoniaque uni au chlorure de potassium; chlorhydrate d'ammoniaque uni au chlorure de sodium. Il est entendu que ma pensée est loin d'affirmer qu'il n'existe que les *espèces chimiques* que je viens de nommer, car je n'ai aucune raison de croire à l'absence de l'*azotate de potasse*, dans quelques *guanos*, ni à celle d'une *matière organique* azotée, susceptible d'avoir une véritable influence en agriculture.

L'emploi du guano, comme engrais, est un fait incontestable, indépendamment de la science; mais, sans la science, cette vérité ne serait pas expliquée, comme elle l'est aujourd'hui, grâce aux travaux des chimistes. Je ne reprendrai pas, dans ce qui va suivre, chacune des matières précitées, me bornant à rappeler qu'il n'en existe pas une qui ne soit favorable à l'agriculture, fait expliquant comment il est arrivé qu'on n'ait pas insisté sur la diversité de nature des guanos, et qu'on ait cru qu'il suffisait de connaître les *éléments* d'une matière complexe pour la juger *scientifiquement* comme *engrais*. Je ne parlerai, dans ce paragraphe, que de quelques matières dont l'influence me paraît plus ou moins importante à connaître pour s'expliquer la diversité d'agir des guanos comme engrais. Je citerai, à ce sujet, le carbonate d'ammoniaque, espèce nouvelle, dont le caractère est de dégager du gaz acide carbonique par le contact de l'eau.

Du carbonate d'ammoniaque effervescent avec l'eau. —

Mes premières recherches sont relatives à des guanos en morceaux plus ou moins cohérents, dont quelques-uns présentaient des cristallisations de volume variable. Ils avaient pour caractère distinctif des trois carbonates connus depuis longtemps, de faire effervescence avec l'eau. On peut reproduire ce carbonate en faisant du gaz acide carbonique dans de l'eau d'ammoniaque convenablement concentrée, ou dans de l'eau saturée de sesqui-sous-carbonate d'ammoniaque. Le carbonate nouveau cristallise. Ce procédé était connu depuis quelque temps; mais ce qu'on ignorait, c'est la *décomposition partielle du produit par le contact de l'eau pure.*

Voici la composition et la nomenclature, selon moi, des trois carbonates connus :

	Bisous-carbonate.	Sesquisous-carbonate.	Carbonate neutre.	
Gaz ammoniaque.....	200	200	200	+ Eau.
Gaz acide carbonique.	100	150	200	

Les agronomes savent l'utilité de l'acide carbonique dans la végétation, et pas un n'ignore aujourd'hui l'importance de l'azote comme élément des plantes, et son influence à l'état de sel ammoniacal ; dès lors, ils doivent comprendre qu'un guano qui pourra paraître contenir des matières cristallines d'apparence minérale et qui, à cet égard, leur semblerait de qualité inférieure, serait mal jugé, si ces parties cristallisées étaient des cristaux de *carbonate effervescent* par le contact de l'eau.

Si nous passons en revue les espèces chimiques isolées du guano, telles que les chlorures de potassium et de sodium, l'oxalate d'ammoniaque, le chlorhydrate d'ammoniaque, le phosphate d'ammoniaque, le phosphate de chaux, le phosphate de magnésie, le sulfate de potasse, l'avate d'ammoniaque, l'urate d'ammoniaque, l'urate de chaux, etc., on s'expliquera l'utilité du guano ; mais cette

considération acquerra un nouvel intérêt en réfléchissant à l'état d'union, de combinaison ou même au simple fait de leur présence. Par exemple, qui peut dire que le chlorhydrate d'ammoniaque uni au chlorure de potassium ou de sodium, que les sels doubles n'aient plus de puissance que les sels simples, et qu'une combinaison d'oxalate de chaux, de potasse et d'ammoniaque soluble dans l'eau, qui est susceptible de laisser précipiter l'oxalate de chaux. à la longue, lorsque la solution est très étendue, n'aient pas plus d'activité que n'en ont les espèces quand elles sont isolées?

Il n'est pas superflu, au point de vue où j'envisage le guano, de prendre en considération les circonstances extérieures dans lesquelles se sont trouvés les excréments des oiseaux auxquels on en doit la production. Evidemment, il n'a pu se produire en couches horizontales accumulées, dans les îles de l'océan Pacifique, que parce que les excréments n'étaient point exposés à recevoir la pluie et, en outre, que l'action des agents atmosphériques et de la lumière était extrêmement limitée, eu égard à l'étendue superficielle occupée par ces excréments.

Rappelons-nous que, tant qu'il ne servit d'engrais qu'aux Indiens du littoral des côtes du Pérou de l'océan Pacifique, la consommation en fut très faible, et nous nous rendrons compte de ce qui a été.

Cet état de choses, ainsi constaté, nous explique comment les excréments d'oiseaux ont produit un engrais puissant, en éprouvant des actions moléculaires, dont la plupart des composés sont représentés par un acide et par une base salifiable ; et ce résultat est parfaitement d'accord avec le succès de l'industrie qui s'est livrée à la production des *engrais* dits *chimiques ;* mais, en énonçant cette opinion, parfaitement exacte, je dois faire quelques restrictions, pour rester dans le vrai.

Il est bon de rappeler que, dans mon cinquième mémoire sur les corps gras, lu, le 19 septembre 1876, à l'Académie des sciences, je démontrai que le gras des cadavres, confondu, sous le nom d'*adipocire*, par Fourcroy, avec le blanc de baleine (*cétine*) et le calcul biliaire (*cholestérine*), prétendu *changé en gras* dans les cadavres, s'était offert *sous la forme saline*, exclusivement conforme à celui que présente le *guano*, eu égard au résultat de la réduction des matières organiques très différentes.

3° Je me félicite en ce moment, poursuit M. Chevreul, de faire remarquer combien la réflexion, dans les sciences d'expérience, est heureuse, quand elle suggère une généralité vraie, comme l'est la *forme saline* imprimée à la matière excrémentitielle de l'oiseau dans les circonstances où elle a été transformée en *guano*, conclusion tout à fait conforme à l'idée de l'emploi des engrais dits *chimiques*. Mais, pour rester dans le vrai, ne soyons pas absolu, car il serait impossible d'affirmer qu'il n'existe pas dans le *guano* quelque matière inconnue, non saline, qui contribue au développement des plantes, et cette restriction de ma part est conforme au fait suivant, remontant au premier empire. Napoléon avait appelé de Rome à Paris une famille du nom de Belloni, je crois, comme habile dans une industrie artistique. J'appris qu'elle avait acquis à Passy une propriété, dont elle tira un parti fort avantageux par la découverte qu'elle y fit d'une carrière abandonnée, qui renfermait une quantité assez considérable d'engrais humain séculaire, que je regrette vivement aujourd'hui de n'avoir pas examiné au point de vue de savoir s'il ne contenait pas quelque matière propre à la végétation, dont le guano serait dépourvu.

Une seconde réflexion concerne l'analyse élémentaire à laquelle on soumet le *guano* et les engrais en général. En principe, cette détermination des *éléments d'un engrais* ne

peut être considérée comme inutile ; mais, au point de vue scientifique, elle est insuffisante, en ce sens que la définition de l'engrais, pour être rigoureusement scientifique, exige trois sortes de connaissances diverses :

La connaissance de la nature des éléments et celle de la composition immédiate des *espèces chimiques* constituant l'engrais ;

La connaissance des besoins à satisfaire, d'une plante donnée, dans un lieu donné. Eh pourquoi ? c'est que la science de la culture de cette plante dans ce lieu n'est possible qu'avec cette connaissance ;

Dans l'état actuel, il n'est guère possible que de savoir ce dont manque le sol, afin de pouvoir l'y ajouter, si cette matière rentre dans ce que le praticien désigne par les mots *engrais* et *amendements ;*

La connaissance de la nature de l'engrais à ajouter au sol, afin de satisfaire aux besoins de la plante ; c'est cet engrais que je qualifie de *complémentaire,* puisqu'il donne au sol ce qui lui manque pour être fertile...

4° Nous entendons, par l'expression *économie sociale,* le guano envisagé eu égard aux contestations qui peuvent surgir, dans les transactions commerciales dont il est l'objet, entre le vendeur et l'acheteur.

La première cause des difficultés est la nature complexe du guano, au point de vue de sa composition chimique, résultant d'un *mélange d'espèces chimiques,* dont toutes ne sont pas parfaitement connues. Il n'est donc point dans le cas d'un engrais chimique qu'on veut vendre à l'état d'isolement, comme un sel d'ammoniaque, du phosphate de chaux, de l'azotate de soude, etc., etc. La difficulté est augmentée par son origine étrangère et le fait que la composition est loin d'être stable ; ses produits volatils, et dont quelques-uns sont excellents comme *engrais,* se modifient sous l'influence des agents du monde extérieur ; consé-

quemment, le temps qui s'écoulera entre son extraction et son emploi pourra exercer une action sur sa composition; dès lors, toute administration éclairée doit s'efforcer de faire connaître au public tout ce qui concerne les qualités vraies, relatives à une matière si précieuse à l'agriculture.

La science est utile en faveur de la vérité, c'est dire que l'intervention en est indispensable à l'égard de la justice dans les relations entre le vendeur et l'acheteur de guano. Lorsque la science a déterminé les *éléments* qui constituent un guano, sans prétendre critiquer le genre d'analyse qu'on qualifie d'*élémentaire*, nous n'avons pas hésité à faire remarquer ce que ce genre d'analyse laisse à désirer. En effet, cette analyse se fait relativement à la durée approximative du temps que chaque *engrais* met à se décomposer dans le sol; dès lors, il peut arriver que tel engrais qui renferme les éléments nécessaires à une plante, ne s'altère pas avec la vitesse convenable pour satisfaire aux besoins de cette plante, comme le cas contraire peut avoir lieu; pour qu'un engrais soit utile à la culture, il y a donc nécessité que, dans cette décomposition de l'engrais, dans un sol donné, et la végétation d'une plante également donnée, il y ait une correspondance convenable entre l'altération de l'engrais et les besoins à satisfaire à l'égard de la plante à cultiver.

Pour que la science soit satisfaite, il y a donc des études précises à entreprendre avec les détails qu'elles comportent; et la première recherche à faire sera de connaître la composition immédiate à l'état de pureté, et si ces principes ne rentrent pas dans des espèces chimiques connues, les étudier d'une manière propre à les bien faire connaître.

Rien de plus convenable pour accélérer les progrès de la science dont nous parlons, que de parler d'un fait

industriel dont le *guano* est l'objet ; je fais allusion à une addition d'acide sulfurique présumée avantageuse pour retenir l'ammoniaque qu'il est susceptible de perdre, et tout le monde ajoute une si grande valeur à la présence de l'azote dans un engrais qu'il n'y a que trop de cultivateurs à penser que la bonté d'un engrais réside surtout dans la proportion d'azote qu'il renferme ; eh bien ! si quelque chose m'étonne, c'est qu'à ma connaissance, il n'y ait personne qui ait soumis à des expériences précises la question de savoir si un *guano* bien connu déjà, soumis à ce traitement industriel, gagne en qualité.

Il faut répéter la même expérience comparative sur des guanos d'une même origine que les précédents, qui auraient été gardés au moins deux ans dans des magasins.

Comment se fait-il qu'avec les établissements consacrés à l'agriculture, les stations agricoles, les nombreuses sociétés d'agriculture, personne, à ma connaissance, n'ait traité cette question comme je l'envisage ?

Prendre deux poids égaux d'un même guano, traiter l'un seulement par l'acide sulfurique, comme on le fait dans les fabriques ; essayer ensuite comparativement les deux matières dans les mêmes conditions sur les mêmes plantes, et dans les sols différents de compositions connues, et toujours d'une manière comparative (1).

Le guano s'emploie à la dose de 300 à 500 kilogrammes par hectare, et il donne d'excellents résultats sur la plupart de nos cultures céréales, légumineuses, colzas, prairies, etc.

Voici la teneur en azote (moyenne) de quelques guanos de diverses provenances :

Angamas........................	17,0 0/0
Iles Chincha....................	14,8

(1) *Journal de l'agriculture*, de M. J.-A. Barral. — *Études sur le guano*, par M. E. Chevreul, année 1883, t. III.

Pérou	14,2 0/0
Ile de Lobos	7,5
Chili	6,0
Patagonie	2,2
Ile Falkland	1,0
Iles du Pacifique	0,7
Australie	0,6
Antilles	0,2

Voici quels sont à peu près les chiffres de la consommation annuelle du guano dans les différents pays qui l'emploient :

Angleterre	140 000 tonnes.
France	100 000 —
Belgique	70 000 —
Allemagne	60 000 —
Divers États européens	50 000 —
États-Unis	35 000 —
Indes occidentales	15 000 —

Voici maintenant la moyenne décennale des importations de guano en France.

De 1847 à 1856	11 368 293 kil.
De 1857 à 1866	51 947 041 —
De 1867 à 1876	90 901 701 —

On fait beaucoup de bruit, depuis quelques années, autour du guano de chauves-souris, qu'on trouve dans quelques îles appartenant aux groupes de l'océan Indien, de Bahama, et surtout dans certaines grottes de l'Arkansas et du Texas, où ces excréments de cheiroptères, mêlés à des détritus d'insectes, de la terre et à des corps de chauves-souris, forme des dépôts atteignant jusqu'à 20 000 tonnes dans une seule excavation.

Ce guano a une couleur variant entre le brun clair et le brun foncé ; il sent faiblement l'ammoniaque. Sa composition est très variable suivant la région dans laquelle

vivent les insectes dont les chauves-souris font leur nourriture presque exclusive.

Voici, d'après le chimiste anglais A. Vœlcker, la composition de deux de ces guanos :

	Arkansas.	Iles Bahama.
Eau	33,53	31,12
Matière organique (1)	44,63	10,74
Acide phosphorique soluble	1,92	15,20
Acide phosphorique insoluble	1,84	
Chaux	1,87	26,70
Magnésie, sels alcalins, etc., indéterminés	3,12	14,19
Matière siliceuse insoluble	4,69	1,14
Acide nitrique (1)	8,40	0,91
(1) Contenant en azote total, égal	8,80	1,08
à ammoniaque total	10,69	1,31

Les *matières fécales* de l'homme constituent un engrais très actif, dont nous devons nous occuper.

D'après Hermstaed et Schubler, un sol qui reproduit, sans aucun engrais, trois fois la semence qui lui a été confiée, donne, pour une superficie égale, lorsqu'il est fumé avec :

Des engrais végétaux	5	fois la semence.
Du fumier d'étable	7	—
De la colombine	9	—
Du fumier de cheval	10	—
De l'urine humaine	12	—
Des excréments humains solides	14	—

MM. Boussingault et Liebig ont constaté que chaque individu produit, en moyenne et par jour, 750 grammes d'excréments, à savoir : 625 grammes d'urine et 125 grammes de matière fécale, dosant ensemble 3 pour 100 d'azote.

L'agriculture chinoise pose en principe, que tout individu produit en excréments de quoi reconstituer sa nour-

riture : « Je crois qu'elle a raison », dit M. Boussingault, et il ajoute : « En supposant un certain nombre d'hommes, sur un espace donné, ils doivent pouvoir reproduire leurs aliments en fumant cet espace de terre avec leurs excréments » (1).

Voyons d'abord les urines. A l'état normal, les urines, fraîchement rendues, renferment, d'après Berzélius :

Eau	93,30
Urée	3,01
Acide urique	0,10
Matières animales indéterminées / Acide lactique et lactate d'ammoniaque	1,71
Mucus de la vessie	0,03
Sulfate de potasse	0,37
— de soude	0,32
Phosphate de soude	0,29
— d'ammoniaque	0,17
— de chaux et de magnésie	0,10
Chlorure de sodium	0,45
Chlorhydrate d'ammoniaque	0,15
Silice	Traces
	100,00

Ou, en termes plus simples :

Eau	93,3
Matières organiques très riches en azote	4,9
— minérales	1,8
	100,0

Tandis que l'urine renferme en moyenne 1,10 d'azote, les excréments solides dosent 0,40.

D'après Lecanu, l'urine émise en moyenne par vingt-quatre heures est de 1k,268, fournissant par an et par individu 4k,400 d'azote et 0k,220 d'acide phosphorique.

L'urine de l'homme, fait remarquer M. J. Girardin (2),

(1) Boussingault, *Enquête sur les engrais industriels* de 1864, t. I.
(2) J. Girardin, *Des fumiers et autres engrais animaux*.

est bientôt, comme celle des bestiaux, envahie par la fermentation ammoniacale; mais comme elle ne contient pas de bicarbonate de potasse, si abondant dans cette dernière, on n'a pas à craindre d'en diminuer la valeur, comme engrais, en la neutralisant par des substances salines ou acides. Il est donc convenable d'ajouter à chaque hectolitre d'urine fraîche :

40 à 50 grammes de plâtre en poudre très fine;

Ou 40 à 50 grammes de sulfate de soude;

Ou 35 à 40 grammes de couperose verte;

Ou 35 à 40 grammes de sulfates bruts de zinc et de magnésie;

Ou 30 à 40 grammes d'acide chlorhydrique;

Ou 12 à 15 grammes d'acide sulfurique.

Le mélange des sulfates bruts de zinc et de magnésie est l'une des substances les plus efficaces; il offre, en outre, l'avantage de ne pas rougir les urinoirs publics, comme la couperose verte, à laquelle on avait d'abord songé.

Ainsi traitées, les urines se conservent très bien sans perte d'ammoniaque, et on peut les garder aussi longtemps que cela est nécessaire dans les réservoirs; toutefois, à mesure qu'il en arrive de nouvelles, il est convenable d'ajouter une nouvelle dose proportionnelle de la substance désinfectante et conservatrice.

En ce qui concerne les excréments solides, Berzélius y a trouvé les substances suivantes :

Eau			73,3
Matières solubles dans l'eau.	Bile	0,9	5,7
	Albumine	0,9	
	Matière extractive particulière.	2,7	
	Sels	1,2	
Résidu insoluble des aliments digérés (débris organiques).			7,0
Matières insolubles qui s'ajoutent dans le canal intestinal, telles que mucus, résine biliaire, etc., etc.			14,0
			100,0

Les sels avaient pour composition :

Carbonate de soude	29,4
Chlorure de sodium	23,5
Sulfate de soude	11,8
Phosphate ammoniaco-magnésien	11,8
— de chaux	23,5
Silice, sulfate de chaux	Traces
	100,0

Il est certain, du reste, que la qualité des matières fécales comme engrais, que les proportions relatives de leurs divers principes organiques et salins, dépendent beaucoup de la nature et de l'abondance des aliments consommés par les individus qui les ont rendus, comme aussi de l'état de santé de ceux-ci. Darcet rapporte, à ce sujet, un fait curieux ; le voici :

Un agriculteur des environs de Paris avait acheté, pour les appliquer à ses cultures, les matières des latrines d'un des restaurateurs les plus en vogue du Palais-Royal. Encouragé par le succès qu'il obtint de l'emploi de cet engrais et voulant en étendre l'application, il se rendit adjudicataire des vidanges de plusieurs casernes de Paris. Mais l'engrais provenant de celles-ci produisit un effet infiniment moindre que le premier. La raison de cette singularité est toute simple : les repas des soldats ne sont pas aussi succulents, à beaucoup près, que ceux que l'on fait au Palais-Royal.

Aux environs de Lille, les cultivateurs ont remarqué, depuis longtemps, que les excréments des pauvres ne valent pas, comme engrais, ceux des riches, ce qui ne peut évidemment provenir encore que de la nature des aliments (1).

L'émission moyenne, en vingt-quatre heures, est, d'après

(1) J. Girardin, *loc. cit.*

Lecanu, de 140 à 190 grammes de matières humides représentant 35 à 40 grammes de matières sèches ; le taux d'azote moyen des matières humides est de 0,40 pour 100, celui de l'acide phosphorique 0,30 pour 100 ; ce qui fait par année pour un individu :

Azote..........................	0k,240
Acide phosphorique.............	0 ,180

Malgré la différence notable de richesse qui existe entre les parties liquides et les parties solides des déjections humaines, ces deux produits, on le comprend sans peine, sont employés à l'état de mélange. D'après Heyden, on a pour ce mélange, par individu et par an :

	Déjections solides.	Déjections liquides.	Ensemble.
Quantité	48k,50	438k,00	486k,50
Matières fixes......	11 ,00	23 ,30	34 ,30
Azote..............	0 ,80	4 ,40	5 ,20
Acide phosphorique.	0 ,60	0 ,66	1 ,26
Potasse............	0 ,26	0 ,81	1 ,07

Ce mélange peut être employé :

1° A l'état frais;

2° A l'état sec.

A l'état frais, les matières excrémentitielles sont à l'état pâteux ou même liquide, selon les cas. On peut les appliquer au tonneau ou par canalisation.

Dans le premier cas, elles constituent la *gadoue*, la *vidange*, la *courte-graisse*, ou mieux encore l'*engrais flamand*, car cet engrais est surtout utilisé dans le Nord. A Lille, cet engrais se vend au tonneau, soit 125 kilogrammes, qui coûte 30 centimes. En y ajoutant les frais de transport et d'épandage, on calcule que chaque tonneau d'engrais, mis sur champ, revient au cultivateur à 1 fr. 20 environ.

L'engrais flamand est surtout appliqué sur le tabac, le

lin, l'œillette, le colza, etc. Sur les betteraves fourragères, il donne d'excellents résultats, ainsi que nous avons pu le constater dans quelques fermes de la Bavière.

Dans le nord de la France, on le répand avant ou après les semailles, souvent aussi après le repiquage. L'épandage se fait avec des voitures à tonneau semblables aux voitures des porteurs d'eau; derrière le tonneau on place une longue caisse fixée en travers, dont le fond est percé de trous. Le liquide s'échappe du tonneau par un robinet, tombe dans la caisse et de là sur le sol. Tel est, du moins, le système le plus généralement employé.

La manière dont on recueille les déjections solides et liquides a, au point de vue agricole et hygiénique, une grande importance. D'après MM. Müntz et Girard (1), les systèmes les plus employés dans les grandes villes sont :

1° *Les fosses fixes,* dont le principal inconvénient est de nécessiter l'extraction et par suite la manipulation des matières qui s'y sont accumulées;

2° *Les fosses mobiles,* qui offrent quelques avantages sur les fosses fixes, partout où elles peuvent être employées, mais qui nécessitent des manutentions et des transports nombreux.

3° *Le système diviseur.* Au lieu de fosses étanches ou de réservoirs mobiles, on a employé quelquefois un système appelé *diviseur,* ou système de *tinettes-filtres,* qui consiste en un appareil portant une paroi verticale à claire-voie, permettant l'écoulement des matières liquides.

4° *Système à canalisation tubulaire,* qui supprime les dégagements fétides ainsi que la manutention et la manipulation des matières fécales;

5° *Système des tinettes mobiles avec matières absorbantes.* Les matières absorbantes sont de diverses natures, et

(1) Voir *les Engrais,* par A. Müntz et A.-Ch. Girard. 1888, t. I, p. 383 et suiv.

les procédés en usage portent les noms des inventeurs; ainsi on a le système Moule et le système Rochdalle en Angleterre, le système Goux en France, etc.

Les matières absorbantes sont la terre, les cendres, l'acide sulfurique, paille hachée, poussière de tourbe, tannée, sciure, etc.

On emploie aussi ces substances dans les campagnes; la quantité à répandre est relativement faible, soit par tête et par an :

Pour la tourbe.............	50 à 60 kil.
— la sciure............	70 à 80 —
— la tannée.............	60 à 70 —

On peut utiliser de la même façon les urines des pissoirs publics, en ayant soin de les étendre avec de l'eau. Cet engrais est appliqué, en Flandre, sur les prairies artificielles, où on alterne leur emploi avec celui du plâtre; on obtient ainsi de magnifiques récoltes.

L'utilisation de l'engrais humain, étendu d'eau par canalisation, a vu le jour en Angleterre; appliqué par MM. Moll et Mill, dès 1856, à la ferme de Vaujours près Bondy, cet essai n'a pas donné d'heureux résultats au point de vue financier. L'installation avait coûté 45 000 francs, soit 500 francs par hectare. De plus, M. Moll avait cru pouvoir employer 1000 hectolitres de vidange à l'hectare, il reconnut que cette dose était trop forte; elle ne payait pas les frais pour les récoltes fourragères et produisait la verse sur le blé et l'avoine.

L'engrais flamand ne doit pas être répandu à une dose plus forte que 250 mètres cubes à l'hectare.

A l'état sec, les matières fécales constituent la *poudrette*, qu'on obtient par plusieurs procédés qu'il serait trop long de détailler.

Procédé ancien dit *de Montfaucon :* Plusieurs bassins

peu profonds, rapporte M. Lefour, sont divisés en étages de manière à pouvoir se déverser les uns dans les autres. Le bassin supérieur reçoit d'abord les vidanges dont les matières épaisses se déposent ; on décante, à l'aide d'une vanne qu'on baisse, les eaux surnageantes qui vont former, à leur tour, un dépôt dans le bassin inférieur ; on décante de nouveau dans un troisième bassin, où, après avoir laissé un dépôt insignifiant, les eaux *vannes* sont écoulées dans une rivière ou un boitout.

La matière des dépôts, enlevée à la drague, est portée sur des plates-formes disposées en pente pour l'écoulement des eaux pluviales ; là, on achève de l'égoutter et de la dessécher à l'aide de hersages et de remaniements successifs : quatre ou cinq ans étaient autrefois nécessaires pour achever ce travail (1). Aujourd'hui on accélère l'opération par le mélange de poudres charbonneuses aux matières épaisses après décantation ; les eaux vannes expulsées sont traitées par de la chaux ; l'ammoniaque se dégage et, reçu par des acides sulfuriques de peu de valeur, il se convertit en sulfate. On a calculé que 100 kilogrammes de poudrette pure étaient le produit de 800 kilogrammes de matières épaisses.

La poudrette pèse environ 70 kilogrammes l'hectolitre. On la vend à raison de 3 à 5 francs l'hectolitre. On la répand à raison de 10 à 25 hectolitres par hectare.

La poudrette dose environ 2 pour 100 d'azote. Voici, d'ailleurs, une analyse faite par M. Soubeiran :

Matières organiques	26,55
Phosphate ammoniaco-magnésien	6,00
Phosphate de chaux	2,45
Carbonate de chaux	5,61
Sulfate de chaux	3,94
Sels alcalins	0,54

(1) Lefour, *Sol et Engrais*, p. 126 et suiv.

Matières terreuses	34,01
Eau	20,80

Un autre procédé de fabrication de la poudrette a été indiqué par M. Rohart; il s'applique aux vidanges un peu épaisses : avec des terres tourbeuses ou des tannées sèches, on fait un bassin semblable à ceux que font les maçons pour éteindre la chaux. Les vidanges y sont déversées et imbibent bientôt les parois et le fond, auxquels on laisse une épaisseur d'environ 35 centimètres. Ces substances absorbent les matières ammoniacales. Après plusieurs filtrations, elles en sont suffisamment chargées; on en fait alors des tas qui fermentent et produisent ainsi un excellent terreau; la partie solide des vidanges est recueillie et mélangée soit à des poussières de charbon, soit à des terres desséchées.

M. Aubin a analysé un grand nombre de poudrettes de diverses provenances ; nous lui empruntons les chiffres qui suivent :

	Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.
Paris	1,10	3,32	»
—	1,83	3,76	1,96
—	0,32	1,34	1,80
Seine-et-Oise	1,86	2,39	»
—	0.68	0,98	»
Seine-et-Marne	1,12	1,70	»
—	1,90	2,91	»
Oise	1,57	2,53	0,39
Loiret	1,50	3,77	»
Aisne	1,77	4,90	0,52
Lot-et-Garonne	1,35	3,75	0,36
Reims	2,79	8,14	0,53
—	0,83	3,24	0.11
Le Caire	2,09	6,89	0,85
—	1,86	2,52	0,97

Comme on le voit, les différences sont notables, ce qui s'explique par les préparations et les mélanges divers dont

les poudrettes sont l'objet. D'ailleurs ces substances, lorsqu'elles sont exposées à l'air ou à la pluie, s'appauvrissent en azote et en potasse.

Les excréments des chevaux, des bœufs, des vaches, porcs, etc., ne sont que très rarement et très exceptionnellement employés seuls comme matières fertilisantes ; ils entrent dans la composition des fumiers de ferme ; nous les retrouverons en temps et lieu. Il n'en est plus de même des fientes des animaux de basse-cour et des pigeons.

La fiente de pigeon ou *colombine* est un engrais usité depuis longtemps ; elle est très énergique et doit être, par cela même, employée avec discernement. Elle dose de 8 à 9 pour 100 d'azote et beaucoup de phosphates.

Cet engrais, qui se vend, dans le Nord, à raison de 100 francs la voiture, convient très bien pour le tabac, le trèfle, le lin et les cultures maraîchères. On répand la colombine à raison de 20 à 25 hectolitres par hectare.

Les excréments de volaille ont à peu près les mêmes propriétés ; leur activité est peut être un peu moins forte. La *pouline* des fermes est généralement destinée au jardin ; dans quelques établissements de gallinoculture, cet engrais est produit sur une assez vaste échelle. Ainsi, près de Bruxelles, se trouve une de ces installations, ayant pour but l'engraissement à la mécanique des poulets, qui loge près de 700 oiseaux.

M. Petermann, directeur de la station agronomique de Gembloux, a fait l'analyse de cet engrais (1). Voici les résultats :

(1) A. Petermann, *Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture*, 1 vol., 1886, p. 465.

Eau	11,76
Matières organiques et sels ammoniacaux.	25,49 (*)
Matières minérales solubles dans l'acide chlorhydrique	34,54 (**)
Matières minérales solubles dans l'acide (sable, silice)	28,21
	100,00

(*) Azote ammoniacal 0,27
Azote organique 1,22
Azote total.... 1,49

(**) Potasse anhydre soluble dans l'eau 1,24
Acide phosphorique anhydre, soluble dans l'acide chlorhydrique 1,36

La ration très intensive d'engraissement — elle se compose de farines d'orge, de maïs et de sarrasin blutées et délayées dans du lait écrémé — et les soins spéciaux donnés pour recueillir les excréments sont nécessairement d'une influence favorable sur la quantité et surtout sur la qualité de l'engrais obtenu. Les loges, dans lesquelles se trouvent les poulets, sont disposées de telle sorte que les excréments tombent, sans pouvoir s'attacher aux plumes, directement à terre sur une couche de sable, qui en absorbe les parties liquides. A chaque nettoyage, les excréments sont saupoudrés de plâtre (10 pour 100), afin d'éviter les pertes d'ammoniaque, et le tout est intimement mélangé. De cette opération résulte un engrais homogène et inodore, se présentant sous forme de poudre grisâtre, sèche et pulvérulente, pouvant facilement être répandue à la volée ou à l'aide de machines.

Il nous reste, pour terminer ce qui a trait aux engrais organiques d'origine animale, à dire un mot des excréments de moutons qui sont souvent appliqués à titre exclusif par l'opération du *parcage*.

Cette pratique consiste à laisser séjourner, pendant quelque temps, un troupeau de moutons dans une enceinte

limitée par des claies. Le parcage a un double effet : il fume le sol, et de plus, il raffermit, par le piétinement, les terres naturellement légères. C'est donc un engrais et un amendement, toutefois la fumure est prépondérante.

Il va sans dire que la terre qu'on veut engraisser par le parcage devra être préalablement préparée par un labour qui, en ameublissant le sol, le rendra plus perméable aux urines et aux excréments qui viendront l'imprégner ultérieurement.

L'espace occupé par les animaux, ou *parc*, est circonscrit par des claies ; son étendue varie avec le nombre des moutons. On assigne généralement un peu moins d'un mètre carré par tête. Toutefois, ce n'est que pendant la nuit que les moutons sont mis au parc ; le jour ils sont nourris soit au pâturage, soit à la bergerie, car le parcage est d'autant plus profitable, que les animaux qui l'exécutent sont mieux nourris.

La durée du parcage de nuit varie suivant la quantité d'engrais que l'on veut appliquer, d'une à deux nuits.

Peu de temps après la sortie des moutons du champ à fertiliser, on donnera un labour d'enfouissement destiné à prévenir les déperditions qui ne manqueraient pas de se produire si les excréments restaient exposés à l'air.

Les effets du parcage ne se font guère sentir au-delà d'une année.

C'est de préférence aux terres légères qu'on applique ce mode de fertilisation ; dans les terres compactes, c'est-à-dire toujours plus ou moins humides, cette opération aurait un double inconvénient, d'abord elle tasserait des sols qui, par leur nature, sont déjà trop compacts ; de plus, les moutons y contracteraient cette maladie du sabot qu'on appelle *piétin*.

On réservera pour le parcage les terres éloignées peu accessibles où le transport des matières fertilisantes serait toujours plus ou moins onéreux.

Les cultures industrielles, colza, cardères, etc., les fourrages verts réussissent généralement bien sur les terres parquées; il faut éviter d'y mettre des céréales, qui seraient exposées à la verse.

C'est généralement du mois de mai au mois de novembre qu'on fait parquer les moutons dans le nord et le centre de la France.

II. Les engrais organiques végétaux peuvent être divisés en deux groupes bien distincts :

1° Les plantes ou débris de plantes qu'on incorpore au sol à l'état frais ou sec (*a*) ;

2° Les substances extraites des végétaux, véritables résidus de fabrication de quelques industries qui utilisent les plantes comme matières premières (*b*).

(*a*) Les plantes qu'on incorpore directement au sol sont plus généralement désignées sous l'appellation un peu vague d'*engrais verts*.

Ces végétaux, parmi lesquels on distingue plus spécialement le trèfle, les vesces, le lupin, le colza, le sarrasin, l'anthyllis vulnéraire, la moutarde noire, le *madia sativa* se sèment aux époques indiquées pour chacune de ces cultures; ils sont enfouis par un labour au moment de la floraison.

Voici, d'après Wolff, la composition chimique des principaux engrais verts à l'époque de la floraison :

	Azote.	Acide phosphoriq.	Potasse.	Chaux.
Vesces...........	0,56	0,13	0,43	0,35
Lupins...........	0,50	0,11	0,15	0,16
Trèfle incarnat....	0,43	0,08	0,26	0,36
— rouge......	0,48	0,13	0,44	0,48
Colza............	0,46	0,12	0,35	0,23
Spergule.........	0,37	0,20	0,47	0,26
Sarrasin..........	0,39	0,08	0,38	0,50

On comprend que ces plantes puissent fertiliser le sol,

étant donné qu'elles puisent une grande partie des aliments qui ont servi à les former, dans l'atmosphère; toutefois, les enfouissements végétaux constituent, à tout prendre, un mode de fertilisation peu énergique, auquel il faut associer des engrais minéraux dits engrais chimiques, pratiquant ainsi la *sidération* préconisée par M. Georges Ville.

Les engrais verts conviennent surtout dans les terres sèches; aussi sont-ils plus spécialement appliqués dans le Midi que dans le Nord.

On doit choisir de préférence des espèces végétales réunissant les conditions suivantes :

1° Être en rapport avec la nature du sol et le climat;

2° Avoir une végétation rapide;

3° Croissant sur des terres maigres;

4° Avoir des racines profondes, pour ramener ainsi à la surface les principes fertilisants puisés dans les profondeurs;

5° Être d'une culture facile et peu coûteuse;

6° Ces plantes devront être pourvues d'un feuillage abondant.

Dans le Dauphiné, près de Lyon, sur les terres granitiques et dans le Morvan, sur des coteaux granitiques, on sème, disent MM. Magne et Baillet, le lupin ou *fève de loup* en juin, pour l'enterrer en automne (1).

On rend l'enfouissement des engrais verts plus facile en roulant préalablement la récolte; la charrue suit dans la même direction. La répartition de l'engrais, fait remarquer M. Damseaux, est cependant meilleure quand on fauche la récolte avant le passage de la charrue; un ouvrier attire les plantes coupées dans les sillons ouverts (2).

(1) Magne et Baillet, *Traité d'agriculture pratique*, t. I.

(2) Damseaux, *Manuel d'agriculture générale*.

On sème souvent et avantageusement, après la moisson, sur les chaumes retournés, les graines de plantes à enterrer en vert. Habituellement le semis est plus épais que si la plante était cultivée pour sa graine.

Les fumures vertes ne durent qu'une année, dit-on. Cela est rigoureusement vrai sous les climats doux, dans les terrains légers, par les années sèches et avec des plantes dont les racines ne vont pas à de grandes profondeurs; mais l'assertion est inexacte dans les pays humides ou froids, dans les terrains frais, par des années pluvieuses et avec des végétaux à longues racines qui profitent assez longtemps des produits de la décomposition des engrais verts, tandis que les sels fertilisants descendent vite au-dessous des plantes à racines courtes et ne leur servent plus à rien. Ainsi, comme le constate M. Joigneaux (1), les fumures vertes, appliquées dans les mêmes conditions de terrain et de climat, mais à des végétaux d'espèces différentes, au froment et à la vigne, par exemple, ne dureront guère dans le premier cas et dureront beaucoup dans le second.

En somme, font remarquer MM. Müntz et A.-Ch. Girard (2), les engrais verts ne constituent qu'une jachère renforcée, en ce sens qu'au lieu de laisser agir la végétation spontanée, toujours assez maigre et clairsemée, on fait développer une végétation luxuriante dont l'action est bien plus considérable. Mais de toute manière on sacrifie une récolte sur deux, c'est-à-dire que la première production végétale est entièrement consacrée à nourrir la seconde. Dans les terres très pauvres, très maigres, qu'on veut améliorer par des procédés lents et sans avoir recours aux engrais de ferme, on fait quelquefois plusieurs

(1) P. Joigneaux, *le Livre de la ferme*, t. I.
(2) Müntz et Girard, *op. cit.*, p. 476.

cultures successives d'engrais verts, l'une servant de fumure à l'autre.

Les *feuilles sèches* sont trop rarement employées comme engrais pour que nous nous étendions sur ce sujet. Le plus souvent, lorsqu'on en a beaucoup à sa disposition, on les utilise comme litière, les faisant ainsi entrer dans la composition des fumiers.

Dans le Midi, on emploie quelquefois des gerbes de roseau comme engrais ; leur action dure deux années.

Le buis, qui pousse en abondance sur bon nombre de coteaux calcaires des départements de la Drôme et du Gard, reçoit parfois la même destination, après avoir été répandu quelque temps sur la voie publique, où il est foulé et écrasé par les chevaux.

Enfin, on utilise encore comme engrais les fanes de pomme de terre et les tiges sèches de topinambour, lorsqu'elles sont avariées et ne peuvent servir de nourriture aux bestiaux. Il en est de même des feuilles de betterave.

Voici la teneur en azote de quelques-uns de ces débris végétaux, avec les quantités qu'il faut appliquer par hectare :

Végétaux.	Azote p. 100.	Nombre de kilog. par hectare.
Tiges et feuilles de genêt.......	1,22	9,834
Feuilles de hêtre..............	1,77	10,194
— de chêne.............	1,17	10,200
Rameaux et feuilles de buis....	1,17	10,250
Roseaux frais..................	0,75	15,999
Feuilles de peuplier............	0,538	22,300
Tiges sèches de topinambour...	0,37	32,500

Dans les contrées voisines de la mer, on utilise assez communément comme engrais les algues, les varechs, les fucus charriés par la mer, qu'on désigne sous le nom général de *goémons*.

La récolte de ces plantes marines est fixée par l'admi-

nistration entre le mois de mars et le mois d'avril, c'est-à-dire après leur reproduction.

Le goémon qu'on ramasse sur la grève (goémon d'échouage) est moins estimé que celui qu'on détache des rochers (goémon de rochers). Ceci s'explique par ce fait que les premiers ont perdu, par la macération prolongée dans l'eau de mer, une partie des principes altérables qu'ils renfermaient; aussi, avant d'être incorporés au sol, sont-ils généralement employés comme litière pour qu'ils s'imprègnent de liquide azoté.

Ces engrais qui se vendent, pris sur les quais, de 3 à 5 francs le mètre cube, réussissent particulièrement bien sur le lin, dont ils augmentent la quantité et la qualité des filasses; on les applique aussi avec avantage sur l'orge. Autant que possible, ces plantes doivent être employées aussitôt qu'elles ont été récoltées.

C'est à la dose de 15 à 25 mètres cubes par hectare que les goémons sont incorporés aux terres.

Employés sur les vignes, ces engrais communiquent au vin une odeur de marée des plus désagréables.

D'après M. Hodger, les plantes marines sont employées depuis fort longtemps en Écosse et en Irlande.

Comme l'analyse démontre, dit-il, qu'elles contiennent tous les éléments exigés pour nos récoltes, elles doivent contribuer à la fertilité de toute espèce de sols. Dans beaucoup de districts de l'Irlande, on n'emploie pas d'autres engrais que les herbes marines, et par leur secours on met la terre en état de produire, chaque année, les récoltes les plus épuisantes. On les emploie aussi beaucoup pour fumer les prairies, et on trouve qu'elles améliorent les qualités de l'herbe... Les herbes fraîches se placent aussi très souvent dans les sillons avec les pommes de terre, et leur emploi produit une récolte abondante. On dit que les pommes de terre sont plus grosses que celles qu'on cultive

avec l'engrais de basse-cour (1). Il est nécessaire d'empêcher le contact direct des herbes marines avec la plante, qu'elles endommageraïent. Appliquées sur les choux, elles leur communiquent une bonne saveur.

Enfin, les goémons réussissent particulièrement bien sur les plantes potagères. Nous n'en donnerons comme preuve que les beaux légumes de Roscoff, où les fumiers sont rares.

Comme les goémons renferment jusqu'à 90 pour 100 d'eau, on a cherché à concentrer ces engrais en les mettant en poudre, faisant ainsi une matière fertilisante plus transportable, dont voici la composition :

Matières organiques	65,89
Sable ferrugineux	2,58
Phosphate de chaux	2,46
Sulfate et carbonate de chaux	1,23
Chlorure de sodium	12,20
— de potassium	10,80
Sulfate de potasse	4,84
	100,00

Azote p. 100 : 2,61.

(*b*) Les résidus de fabriques employant les végétaux comme matières premières, et pouvant être utilisés comme engrais, sont fort nombreux; toutefois, les plus importants sont les tourteaux de graines oléagineuses.

Les *tourteaux* sont employés comme engrais ou comme aliments pour le bétail.

Ce sont les résidus des graines oléagineuses pressées pour en extraire l'huile. Ce dernier liquide ne renfermant ni azote ni acide phosphorique, ces deux principes restent dans les tourteaux, et c'est ce qui en fait de précieuses matières fertilisantes.

(1) Ce qui peut s'expliquer par la forte proportion de potasse que l'analyse chimique décèle dans les goémons; la potasse réussissant particulièrement bien sur les pommes de terre. A. L.

Les tourteaux sont de décomposition rapide et conviennent à tous les sols, pourvu qu'ils soient suffisamment frais; par la sécheresse ils agissent peu, c'est pourquoi ils sont plutôt employés dans le Nord. Dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, les tourteaux sont couramment appliqués comme engrais complémentaire à la dose de 500 à 1 000 kilogrammes à l'hectare. On les répand avant la semence ou sur les récoltes levées, quelquefois avec les graines; toutefois, comme les tourteaux, aussi bien pressés qu'ils puissent être, renferment toujours une certaine quantité d'huile, il est préférable de les semer quinze jours ou trois semaines avant la graine, car les substances grasses, même en petite quantité, empêchent le mouillage de la graine mise en terre et retardent de ce chef la germination. La composition des tourteaux varie nécessairement avec la nature des graines dont ils proviennent; les plus employés sont les tourteaux de colza, de cameline, de sésame, de coton, de lin, d'arachide, de chanvre, d'œillette.

Dans le Nord, on considère les tourteaux de chanvre et d'œillette comme des engrais *chauds*, leur action ne se faisant sentir que pendant une année; ceux de lin et de colza, qui font sentir leur action pendant deux ans, sont des engrais *froids*. Les tourteaux de sésame, de chanvre et d'arachide sont les moins estimés.

Le tourteau de lin est rarement employé comme engrais, il est préférable de le donner comme aliment au bétail. Ce tourteau fait surtout de la viande. Ainsi M. Durand a pu constater qu'un bœuf nourri avec 15 kilogrammes de foin, avait pris un accroissement de 251 kilogrammes, mais que l'engraissement avait duré huit mois, tandis qu'un autre bœuf du même poids avait donné la même augmentation en soixante-dix jours en ajoutant au foin 5 à 6 kilogrammes de tourteau de lin par jour.

Il est recommandé de n'habituer au régime du tourteau de lin qu'une même catégorie de bestiaux, celle destinée à l'engraissement seul.

Il faut donc s'abstenir, par conséquent, comme le conseillent MM. Renouard et Corenwinder, d'en donner aux vaches laitières, car on a constaté avec raison, et cette observation a été faite pour la première fois par M. Bazille, que ce tourteau communique parfois au lait de vache un goût huileux. Il est donc préférable, en ce cas, de n'utiliser que les tourteaux dont les huiles ne présentent aucune saveur désagréable, tels que les tourteaux d'œillette, de sésame et d'arachide. Le tourteau qui passe cependant pour être le plus favorable à la sécrétion lactée est celui de colza (1).

Voici la composition moyenne de différentes variétés de tourteaux d'après les analyses de MM. Ladureau, Corenwinder, Girardin, Violette, etc.

Tableau XXVII.

	AZOTE.	ACIDE phosphor.	SELS.	EAU.
Arachides décortiquées...	7,07	1,40	2,20	12,50
— en coques.....	4,50	0,60	14,90	8,10
Chanvre................	4,52	1,11	9,15	9,25
Cameline...............	4,50	2,01	8,05	9,40
Colza vert indigène......	5,10	2,05	6,95	11,22
-- blanc exotique.....	5,25	2,80	6,80	11,45
Coton d'Alexandrie......	3,90	1,60	5,40	8,20
Lins étrangers..........	5,14	2,07	8,42	10,75
— du pays............	5,10	2,05	8,60	12,05
Noix..................	7,20	1,60	6,07	12,55
Navette................	4,63	2,65	6,28	11,80
Œillette du Levant......	5.92	2,01	12,60	8,75
Pavots.................	7,11	2,60	9,66	7,90
Palmiste................	2,15	0,40	14,11	13,25
Sésame blanc...........	6,20	2,12	10,20	10,25

(1) Renouard et Corenwinder, *les Tourteaux de lin et de chanvre* (*Annales agronomiques*, t. VI, p. 415 et suiv.).

Comme on le voit, les tourteaux sont avant tout des engrais azotés; c'est à ce titre surtout qu'ils sont à recommander, surtout s'ils sont associés aux superphosphates et aux sels potassiques; ils remplacent alors l'azote qu'il faudrait demander aux nitrates ou au sulfate d'ammoniaque, et de plus apportent au sol une certaine quantité de matière organique, qui doit toujours intervenir dans le mélanges d'engrais chimiques, ainsi que nous le verrons par la suite.

Les principaux marchés de tourteaux sont ceux de Lille et d'Arras, puis viennent Marseille et Bordeaux, qui produisent surtout les tourteaux provenant de graines étrangères.

On vend les tourteaux en tablettes ($0^m,35$ de long sur $0^m,15$ de large) pesant chacune de 1 kilogramme à $1^k,200$, ou bien en fragments, ou bien pulvérisés.

C'est en tablettes ou en fragments que les agriculteurs doivent se procurer cet engrais : en poudre il se prête plus facilement aux fraudes et à la falsification.

Les tourteaux ne conviennent pas également à tous les sols; il y en a dans lesquels on doit se garder de les mettre, d'autres dans lesquels on doit les donner en mélange avec des engrais différents, d'autres enfin où ils peuvent être employés seuls.

Dans les terres très fortes, font observer MM. Müntz et Girard (1), leur décomposition est extrêmement lente, les plantes n'en tireraient donc pas un grand profit; dans les terres acides, comme les terres de bruyère, de landes, etc., leur introduction ne produirait aucune amélioration, parce que leur décomposition serait sensiblement nulle ou tout au moins ne conduirait pas à des principes assimilables.

En général, les terres dans lesquelles la nitrification est entravée ne sont pas sensibles à l'action des tourteaux

(1) Müntz et Girard, *loc. cit.*, p. 521.

ou des autres engrais organiques; ce n'est que lorsque ces terrains, par l'apport d'amendements calcaires, peuvent devenir le sujet des réactions chimiques propres à la terre arable, que l'usage des engrais organiques donne de bons résultats.

Dans les sols pauvres en acide phosphorique ou en potasse, les tourteaux employés seuls sont insuffisants; il faut leur adjoindre des phosphates et des sels potassiques; mais quand ces deux éléments sont abondants dans les terres, l'azote apporté peut produire toute son action.

Les tourteaux agissent d'ailleurs comme le font en général les engrais organiques, c'est-à-dire qu'ils tendent à ameublir les terres fortes et donnent au contraire de la consistance aux terres légères.

Les tourteaux sont encore trop peu connus et appréciés en France, sauf dans quelques départements du Midi et du Nord; si leur production a considérablement augmenté depuis une dizaine d'années, par suite de l'importation croissante des graines étrangères, leur consommation est restée à peu près stationnaire en France; c'est l'étranger qui absorbe la plus grande partie des tourteaux de nos fabriques, au grand détriment de la richesse nationale.

Voici quelques chiffres à ce sujet :

Importation de tourteaux en France.

1877	11 324 782 kil.
1878	5 321 324

Exportation de tourteaux.

1877	67 703 222 kil.
1878	79 025 189

« Il ressort de l'examen de ces tableaux, conclut M. T. Collot, que nous n'importons que le sixième environ de la quantité de tourteaux qne nous exportons à

l'étranger, et que notre agriculture laisse passer à nos voisins, en chiffres ronds, 80 millions de kilogrammes de tourteaux, qui représentent une valeur de 15 millions de francs. »

Voici les importations de graines oléagineuses en France pour l'année 1877 ; on en déduira facilement la quantité de tourteaux produits, sachant que 100 kilogrammes de graines donnent, en moyenne, 55 kilogrammes de tourteaux :

Lin	72 831 980 kil.
Sésame	79 618 009
Colza d'Europe	14 573 914
Colza blanc et roux de l'Inde	34 399 131
Navette	3 903 212
Coton	26 880 754
Œillette	17 889 718
Cameline, chènevis et autres	17 124 211

Les autres engrais provenant du règne végétal ont peu d'importance, rarement ils sont employés seuls. Le plus souvent on les fait entrer dans les composts. Nous devons en excepter toutefois le *marc de raisin*, qu'on obtient en abondance dans les pays vignobles.

Lorsqu'il est sec, cet engrais dose environ 1,75 pour 100 d'azote. Quelquefois le marc de raisin est donné comme aliment au bétail ; mais le plus souvent on l'enterre au pied des vignes, c'est le meilleur engrais qu'on puisse appliquer à cette culture.

Dans les pays à cidre, on emploie aussi le *marc de pomme et de poire*, provenant de la fabrication du cidre et du poiré. Ces engrais dosent en moyenne 0,60 pour 100 d'azote. A cause de leur acidité, ces substances sont mélangées avec de la chaux, qui non seulement neutralise les acides qui y sont renfermés, mais accélère, en outre, la décomposition de la cellulose ou ligneux, qui se trouvent toujours en fortes proportions dans ces matières. Ainsi traités, les marcs sont

avantageusement appliqués sur les prairies naturelles. En Normandie, on les enterre souvent au pied des pommiers et des poiriers.

On a remarqué que ce mélange favorise singulièrement le développement des plantes légumineuses dans les herbages.

Enfin, nous mentionnerons, pour terminer, un engrais végétal, employé en Suisse, dans le canton de Zurich, et qu'on désigne sous le nom de *purin végétal*.

D'après le docteur Sacc, cet engrais, qui est liquide, comme son nom l'indique, se fabrique de la manière suivante :

On prend 200 à 300 kilogrammes de plantes vertes, généralement de mauvaises herbes, impropres à servir d'aliment aux bestiaux, et on les dépose en tas dans un lieu couvert. On retourne le tas au bout de cinq à huit jours. La masse entre en fermentation très active au bout de huit autres jours, et la couleur verte des herbes passe au jaune. On jette alors toute la masse dans une fosse contenant un mélange liquide formé de :

Acide sulfurique................	1 kil.
— chlorhydrique............	1
Eau..........................	6 000 lit.

On brasse fortement le mélange trois ou quatre fois par semaine.

Suivant la température de la saison et la quantité d'acide employée, le purin est bon à répandre au bout de deux à quatre semaines.

Lorsqu'on veut convertir en purin des matières plus difficiles à désagréger (des broussailles, des débris ou feuilles d'arbres verts, etc.), on doit les humecter avant de les mettre en tas, et la dose d'acide doit être plus forte. On facilite aussi la fermentation de ces matières en les hachant ou en

les triturant sous les pieds des animaux ou sous les roues des voitures.

On emploie généralement de 800 à 850 hectolitres de ce purin par hectare de pré, et l'on a pu reconnaître qu'il est plus avantageux de le répandre après la récolte du regain qu'à toute autre époque de l'année.

CHAPITRE VII.

LE FUMIER DE FERME.

I. Matières premières des fumiers. — Les excréments. — Les urines : composition chimique. — Influence de l'alimentation. — Urine de cheval, de vache et de bœuf, de mouton, de porc. — Classification des urines d'après leur richesse en azote. — Excréments solides, composition chimique. — Quantité produite par les divers animaux domestiques. — Les litières. — Conditions que doit remplir une bonne litière. — Leur composition. — Quantité de litière.

II. Comment, du contact des déjections solides et liquides avec les litières, résulte le fumier. — Travaux de M. Thénard. — Nouvelles recherches de M. P.-P. Dehérain. — Valeur fertilisante des fumiers de mouton, de cheval, de bœuf, de porc. — Fumiers chauds et fumiers froids. — Fumiers longs et fumiers courts. Composition moyenne du fumier mixte à l'état frais et fermenté. — Recherches du docteur Vœlcker.

III. Confection du fumier. — Conservation. Les plates-formes. Comment il faut les établir. — Les plates-formes à l'Ecole nationale d'agriculture de Grignon. — Arrosage des tas de fumier. — Composition chimique du fumier de plates-formes. — La fosse à fumier. — Avantages respectifs des fosses et des plates-formes. — Les matières étrangères ajoutées au fumier : plâtre, sulfate de fer, phosphates de chaux, etc. — Évaluation de la quantité de fumier produite dans une exploitation. — Bases de calcul. — Fumures. — Poids du mètre cube des différents fumiers. — Composition chimique des différentes substances qui entrent dans la confection du fumier. — Tables du docteur Wolff. — Emploi du fumier. — Épandage, enfouissement. — Époque des fumures. — Durée d'action du fumier de ferme. — Causes qui agissent sur cette durée : 1° nature du fumier. — 2° Nature du sol. — 3° Température, 4° plantes, 5° cultures et façons.

IV. Composts. — Matériaux constitutifs des composts. — Confection. — Soins à donner aux composts. — Emploi des composts.

Le fumier de ferme est un engrais organique mixte, en

ce sens qu'il est formé de matières végétales : les litières, et de matières animales : les déjections.

Examinons d'abord ces matières.

Les excréments sont solides et liquides; leur valeur varie beaucoup, selon qu'ils proviennent de telle ou telle espèce animale domestique.

I. Les urines sont beaucoup plus riches que les excréments solides. L'azote s'y trouve à l'état d'*urée* (l'urée renferme 17,5 pour 100 d'azote); celle-ci n'a pas d'odeur, mais elle subit, lorsque l'urine est exposée à l'air, l'influence d'un ferment spécial, qui la transforme en carbonate d'ammoniaque, d'après la réaction suivante :

$$C^2H^4O^2Az^2 + 4HO = 2AzH^4O.CO^2.$$

C'est ce dernier gaz qui dégage la forte odeur ammoniacale qui caractérise l'urine putréfiée.

Donc la teneur en azote d'une urine est en corrélation avec sa teneur en urée ($C^2H^4Az^2O^2$).

MM. Audoynaud et Zacharewicz ont déterminé la quantité d'urée contenue dans l'urine des animaux de la ferme ; ils ont trouvé :

Pour le cheval, en moyenne 33g,05 d'urée par litre;

Pour la vache, 20 grammes;

Pour la brebis, des chiffres variant entre 16 et 24 grammes.

Les urines renferment encore des matières organiques (mucus de la vessie, acides urique, hippurique, lactique, etc.); et enfin des sels minéraux, parmi lesquels il faut citer des carbonates, lactates, sulfates, phosphates, de potasse, de soude, de chaux, de magnésie, d'ammoniaque, etc., etc.

La composition et, par suite, la valeur agricole d'une urine dépendent non seulement de l'espèce animale qui l'a fournie, mais du régime auquel la bête est soumise.

Ainsi l'urée est d'autant plus abondante, dans les urines, que l'animal est plus carnassier; elle augmente aussi avec l'exercice musculaire. D'ailleurs, on sait que la nourriture animale et les aliments végétaux fortement nutritifs rendent les urines *chargées*. On sait aussi que l'usage exclusif de la viande prédispose les hommes aux calculs urinaires, et que les chevaux comme les moutons, nourris à l'avoine, y sont également exposés.

Les urines les plus riches en principes organiques sont celles de mouton ; les plus riches en eau sont celles du porc ; l'urine des herbivores est pauvre en phosphates ; la plus riche, sous ce rapport, est celle de l'homme, dont nous avons d'ailleurs déjà parlé au chapitre précédent.

L'*urine de cheval* est un liquide riche qu'il importe de ne pas laisser perdre ; pour cela, les écuries doivent être disposées en conséquence. Un cheval donne, en moyenne, 1k,500 d'urine par jour, soit 547 kilogrammes par an. Or ce liquide renferme de 14 à 17 pour 100 d'azote.

M. Boussingault a trouvé dans 1 kilogramme d'urine de cheval :

Eau.................	876	
Matières organiques..	79	
Matières salines......	45	Formées de phosphate, sulfate, carbonate, chlorure, etc.; potasse, soude, chaux, magnésie, etc.

C'est l'urine du cheval qui est la plus azotée, abstraction faite, bien entendu, de celle du chameau, qui n'appartient pas à nos contrées, et dont l'urine renferme jusqu'à 28 pour 100 d'azote.

L'*urine de vache et de bœuf* présente également de nombreuses variations en ce qui concerne la composition chimique. Voici le résultat de deux analyses :

	Brande.	Boussingault.
Eau	950	883,1
Matières organiques	22	70,1
Matières salines	28	46,8
	1 000	1 000,0

La vache donne de grandes quantités de déjections liquides, environ 8k,200 par jour, soit près de 3 000 kilogrammes par an. La richesse de cette urine en azote varie entre 10 et 15 pour 100.

Dans l'urine de veau, un habile chimiste, M. Braconnot, a trouvé du phosphate d'ammoniaque et de magnésie, qui n'avait encore été trouvé dans l'urine d'aucun herbivore adulte.

L'*urine de mouton* vient après celle du cheval, pour la richesse en azote. M. I. Pierre, ayant analysé l'urine d'un bélier soumis au régime d'été, buvant peu et pâturant dans des chaumes récents de céréales, y a trouvé :

Eau	894	
Matières organiques et sel ammoniac	80	
Matières minérales	26	Acides carbonique, sulfurique, phosphorique, chlore. — Potasse, chaux, magnésie, un peu d'oxyde de fer.

D'après M. Boussingault, l'urine de mouton renferme 0,005 d'acide phosphorique par kilogramme. Un mouton rend 0k,500 d'urine par jour.

L'urine de porc est pauvre en azote, mais riche en phosphates. M. Boussingault y a trouvé :

Eau	979	
Matières organiques	5	
Matières minérales	16	Acides carbonique, sulfurique, phosphorique. — Silice, potasse, soude, chaux, magnésie, etc.

Un porc produit, en moyenne, 3k,50 d'urine par vingt-quatre heures.

En résumé, d'après leur richesse en azote, matières solides, matières organiques, matières minérales, les urines peuvent être classées dans l'ordre suivant :

Azote.	Mat. organiques.	Mat. minérales.	Mat. solides.
Urine de cheval.	Urine de mouton.	Urine de cheval.	Urine de mouton.
— d'homme.	— de bovidés.	— de bovidés.	— de cheval.
— de mouton.	— de cheval.	— de mouton.	— de bovidés.
— de bovidés.	— d'homme.	— de porc.	— d'homme.
— de porc.	— de porc.	— d'homme.	— de porc.

Les excréments solides des animaux ont d'autres propriétés. Leur valeur comme matière fertilisante varie avec les animaux et le régime auquel ils sont soumis.

Dans les excréments des herbivores on a signalé la présence d'une matière spéciale alcaline, qui a reçu le nom d'*excrétine*. Chez les carnivores, cette substance est très peu abondante, mais, par contre, l'acide butyrique s'y trouve en forte quantité (1).

Voici, d'après Cameron (2), la composition chimique des excréments solides de vache, de cheval, de mouton et de porc :

	Vache.	Cheval.	Mouton.	Porc.
Eau	860	750	640	760
Matières solides	140	250	360	240
Contenant :				
Acide phosphorique	0,2	4	5	5
Azote	3,6	6	6	7
Potasse et soude	2,2	3,5	3	6,5

Les excréments solides sont un mélange de matières organiques non digestibles, de substances nutritives échappées à la digestion ; d'eau, de sécrétions intestinales,

(1) A. Larbalétrier, *l'Agriculture française*.

(2) Cameron, *Chemistry of agriculture*.

mucus, de bile, etc. Ce sont surtout ces dernières, mucus, albumine et bile, qui fournissent l'azote, puisque ces matières renferment :

Le mucus..................	8,5 0/0 d'azote.	
La bile.....................	14,7 0/0	—
L'albumine	16,6 0/0	—

La quantité d'excréments solides rendus en vingt-quatre heures n'a rien d'absolu ; elle varie nécessairement suivant les circonstances. Toutefois, en moyenne, on admet les chiffres suivants :

Vache	20k,00
Cheval...............................	16 ,00
Porc..................................	1 ,25
Mouton..............................	0 ,650

Le mélange des excréments solides et des urines constitue les excréments mixtes ; ils présentent, d'après MM. Boussingault et Payen, la composition suivante, qui permet de fixer leur équivalent en fumier de ferme (renfermant 0,587 d'azote) représenté par 100 :

Excréments mixtes :	Azote.	Acide phosphoriq.	Équivalents, d'après l'azote, en fumier.
De vache............	0,41	0,55	143,0
De cheval...........	0,74	1,12	79,2
De porc..............	0,37	3,41	158,6
De mouton..........	0,91	1,32	64,4

Pour constituer le fumier, ces déjections solides et liquides sont reçues sur des litières ou substances absorbantes qui jouent dans le fumier un rôle multiple. Le choix de ces litières est loin d'être indifférent. On doit leur demander :

1° De constituer pour le bétail une couche convenable ;

2° D'avoir la propriété absorbante poussée au plus haut degré ;

3° D'être riches en azote et en matières minérales.

La paille des céréales procure aux animaux un coucher doux et les préserve en même temps du froid, la paille étant mauvaise conductrice de la chaleur.

Les pailles sont le plus généralement employées comme litières, toutefois ce ne sont pas les plus riches en éléments fertilisants, mais leur conformation creuse et tubulaire et leur structure spongieuse leur donnent la propriété de retenir facilement les déjections; les liquides s'y infiltrent et les excréments solides y adhèrent toujours plus ou moins fortement. Mais, comme on peut le voir par les chiffres qui suivent, ces pailles sont pauvres en azote, en acide phosphorique et en sels; sous ce rapport, mais sous ce rapport seulement, les fanes de légumineuses et de crucifères seraient bien préférables.

Tableau XXVIII.

LITIÈRES.	SUBSTANCES salines pour 100.	ACIDE phosphoriq. pour 100.	AZOTE pour 100.
Paille de blé récente	3,518	0,22	0,24
— de blé ancienne	»	0,21	0,49
— de seigle	2,793	0,15	0,17
— d'orge	5,241	0,20	0,23
— d'avoine	5,784	0,21	0,28
Balles de froment	»	0,57	0,85
Paille de millet	4,855	0,03	0,78
— de maïs	3,985	0,86	0,19
Fanes de colza	3,873	0,30	0,75
— de vesces	5,101	0,28	0,10
— de sarrasin	3,203	0,28	0,48
— de fèves	3,101	0,22	0,20
— de lentilles	3,899	0,48	1,01
— de pois	4,971	0,40	1,79
— de pommes de terre	1,73	»	0,55
— de topinambours	2,73	»	0,37
— d'œillette	»	»	0.95
Bruyères	4,09	0,18	1,00
Genêt	2,58	0,16	»
Joncs	6,23	0,29	»
Tannée	6,48	»	0,69

Pour les propriétés absorbantes, la paille d'orge doit être mise en première ligne, puis vient celle d'avoine, de froment, etc.

Voici, d'après M. Boussingault, les propriétés absorbantes des pailles et autres litières :

Matières absorbantes.	Après 24 heures d'imbibition, 100 kilogr. des matières ont retenu d'eau	Quantités de matières pour remplacer 100 kilogr. de paille de blé.
Paille de blé	220k	»
— d'orge	285	77k
— d'avoine	228	96
— de colza	200	110
Feuilles de chêne tombées	162	136
Bruyère	100	220
Sable	25	880
Marne	40	550
Terre végétale séchée à l'air	50	440

La quantité de litière, pour obtenir de bons fumiers, c'est-à-dire renfermant beaucoup de principes utiles sous un faible volume, devrait être réduite. Mais dans la pratique, pour le bien-être et la santé du bétail, il faut d'autant plus de litière que les déjections sont plus liquides.

L'expérience a montré que, pour le cheval, la proportion de litière sèche doit être à peu près égale au poids de la nourriture qu'on lui donne.

Les animaux de l'espèce bovine en exigent davantage, fait remarquer M. I. Pierre, et les porcs encore plus, parce que leurs déjections mixtes contiennent proportionnellement plus d'eau.

Lorsque les animaux sont soumis au régime vert ou lorsqu'ils sont alimentés par des résidus de distillerie, par la pulpe de betterave, ou lorsqu'on fait entrer dans la ration une proportion notable de feuilles de betterave, ils ont besoin d'une litière plus abondante ou plus absorbante.

Plus la litière est divisée, plus elle jouit à un haut degré de la faculté absorbante ; aussi brise-t-on souvent les pailles longues avant de les mettre sous les animaux.

D'une manière générale, il faudra plus de litière en hiver qu'en été, car durant cette saison la température est non seulement plus rigoureuse, mais le séjour de l'animal dans l'écurie, l'étable ou la bergerie, est plus long.

Enfin cela dépend aussi de la nature du fumier qu'on veut obtenir ; dans quelques pays où les terres sont *fortes* et compactes, on cherche à faire des fumiers *longs* et pailleux qui divisent le sol ; on y arrive en employant beaucoup de litière.

II. Voyons maintenant comment le contact des excréments et des litières peut donner naissance au fumier. M. Paul Thénard, le premier, a cherché à se rendre compte des réactions chimiques qui se produisent dans un tas de fumier ; il y a trouvé trois sortes de composés qui s'y forment successivement et dans l'ordre qui suit :

1° Un composé brun à la partie supérieure du tas, soluble dans l'eau et qui renferme 9,73 pour 100 d'azote. Cette substance commence à se former dès que les urines se putréfient et que le carbonate d'ammoniaque réagit sur les matières solubles des litières. M. Thénard a donné à cette substance le nom de *glucose azoté,* parce qu'il a reproduit un composé analogue en faisant absorber de l'ammoniaque au glucose.

2° Un composé également brun, à la partie moyenne du tas de fumier qui se forme par l'oxydation des matières végétales des litières sous l'influence de la fermentation qui élève parfois la température à 40 degrés. Ce composé, insoluble dans l'eau et les acides, constitue l'acide *humique* ou géique, il est soluble dans les alcalis. Cet acide se transforme peu à peu, en raison même de cette solubilité, en humate d'ammoniaque.

3° Un composé brun noirâtre, résultant de la combinaison du glucose azoté et de l'humate d'ammoniaque ; il est, comme le précédent, insoluble dans l'eau et soluble dans l'ammoniaque, c'est l'acide *fumique*, le principe le plus actif du fumier, qui renferme 3,5 d'azote d'après M. Thénard. On le trouve à la base du tas de fumier. Cet acide fumique en se combinant aux matières brunes précédentes donne ces corps noirs insolubles, désignés sous le nom de *beurre noir*.

M. P.-P. Dehérain a repris tout récemment l'étude chimique de la formation du fumier ; il s'est d'abord occupé de déterminer la composition immédiate des pailles.

Voici le résumé de ses belles recherches tel qu'il l'expose lui-même (1).

On n'a aucune peine à doser dans la paille les matières azotées, les cendres, les hydrates de carbone solubles et ceux qui se transforment en glucose par l'action des acides étendus; mais si l'on attaque la paille par les carbonates alcalins, il se produit une réaction importante, car les déjections liquides des animaux sont chargées de ces carbonates ; on dissout une quantité notable d'une matière dont il faut chercher la nature. Si l'on sature la dissolution par un acide, on précipite une matière brune, colloïdale, partiellement soluble dans l'alcool et formée de matières azotées et d'une substance qui doit être classée parmi les *vasculoses*.

Elle diffère sensiblement cependant de la vasculose du bois, car elle est bien plus attaquable qu'elle par les réactifs alcalins.

L'azote qu'on trouve toujours dans le produit ainsi précipité, n'en fait pas partie intégrante ; en effet, si l'on commence à attaquer la paille par de l'acide chlorhydrique

(1) *Dictionnaire d'agriculture : Encyclopédie agricole complète*, par J.-A. Barral et H. Sagnier, t. II, p. 1031, art. FUMIER.

très étendu, on dissout la plus grande partie de cette matière azotée, et le précipité ne présente plus que des traces d'azote.

Quand, au contraire, on attaque directement la paille par des carbonates alcalins et qu'on sature par les acides, la précipitation de la vasculose entraîne celle de la matière azotée, et il devient à peu près impossible de les séparer.

Quand on a épuisé l'action des liquides alcalins et qu'on attaque la paille par de l'acide sulfurique à 3 équivalents d'eau qui dissout la cellulose, on obtient un résidu de vasculose qui ne se dissout plus que partiellement dans les réactifs auxquels il avait résisté d'abord. Cette matière se rapproche de la vasculose du bois, de telle sorte qu'on peut considérer la paille, dépouillée des matières qui lui enlèvent les réactifs neutres et les acides étendus, comme essentiellement formée de cellulose et de vasculose, ce dernier principe représenté par des variétés désignées sous le nom de vasculose attaquable et de vasculose du bois.

Les matières azotées contenues dans la paille sont des albuminoïdes qui n'ont pas émigré au moment de la maturation; elles sont partiellement solubles dans les dissolutions alcalines. On les détermine en dosant l'azote de la matière sèche.

Les cendres renferment une quantité notable de silice; la proportion d'acide phosphorique est faible, mais celle de la potasse est un peu plus élevée.

Les substances qui sont mises en contact dans la fabrication du fumier sont donc, d'une part, des carbonates alcalins provenant des urines; de l'autre, de la paille renfermant les deux vasculoses, de la cellulose et une faible proportion de matières azotées; les réactions déterminées par l'action des carbonates alcalins seraient peu énergiques à froid, mais dans le fumier la température s'élève beaucoup par suite des fermentations qui s'y établissent.

Si l'on examine un tas de fumier disposé comme celui de Grignon, par superposition et égalisation des litières sur une plate-forme, il est facile de constater que la température est loin d'être la même à toutes les hauteurs du tas : en bas elle est de 20 à 25 degrés ; elle s'élève à 30 ou 35 degrés vers 1 mètre ou 1m,50 ; vers 2 mètres, à 30 ou 40 ; au-dessous de la couche supérieure, elle atteint et dépasse 60 degrés.

Ces différences, qui correspondent au degré de tassement et d'imbibition par les liquides, permettent déjà de prévoir que la température sera d'autant plus élevée que l'accès de l'air sera plus facile ; c'est, au reste, ce que démontre plus complètement l'analyse des gaz extraits des tas de fumier. Tandis que dans le voisinage de la surface, les gaz extraits renferment de l'acide carbonique et une très grande proportion d'azote, en bas, au contraire, on ne trouve plus que des quantités d'azote insignifiantes, ce qui montre que l'air n'y pénètre plus. On jugera des différences par les chiffres suivants :

Composition centésimale du gaz recueilli au tas de fumier de Grignon.

	Haut du tas.	Partie moyenne.	Haut.
Acide carbonique	19,1	31.2	37,0
Oxygène	0,9	»	»
Formène (1)...........	10,0	33,3	58,0
Azote................	70,0	35,5	4,0

La combustion lente, qui prend naissance dans le tas de fumier et qui élève la température, favorise les réactions qui doivent s'y produire ; mais elle ne doit pas être trop énergique sous peine de déterminer une disparition considérable de matières organiques ; il est clair qu'un tas de

(1) On désigne sous ce nom l'hydrogène protocarboné ou gaz des marais, CH^4.

fumier remué trop souvent se consumerait rapidement, et d'autre part un tas de fumier trop tassé se refroidirait trop complètement pour que les réactions utiles s'y continuassent. On réussit à éviter ces deux inconvénients en maintenant le fumier tassé, mais en pratiquant des arrosages; quelles causes déterminent la combustion lente qu'accuse la production de l'acide carbonique ?

Quand on prend quelques gouttes d'eau de lavage du fumier, on les voit peuplées de bactéries variées. Ces bactéries paraissent avoir une influence notable sur l'oxydation des matières du fumier; mais cette oxydation se produit encore quand on a paralysé l'action des ferments figurés par le chloroforme, ce qui tend à montrer que leur activité n'est pas seule en jeu.

Dans les parties moyennes ou basses du fumier, où l'air n'arrive que difficilement, la fermentation continue cependant, mais dans ce cas elle est due exclusivement à l'action d'un ferment figuré qui attaque la cellulose avec production de volumes égaux de formène et d'acide carbonique :

$$C^5H^{10}O^5 + H^2O = 3(CH^4) + 3\,CO^2.$$

Cette réaction porte sur la *cellulose* de la paille ; en effet, il est aisé de déterminer la fermentation du papier ou de la filasse en ensemençant des flacons renfermant ces variétés de cellulose avec les ferments du fumier et d'obtenir de ces flacons un mélange de formène et d'acide carbonique, quand on prend le soin de maintenir les liquides alcalins; on n'obtient, au contraire, que de l'hydrogène et de l'acide carbonique, si l'on fait agir ces ferments sur des sucres ou de l'amidon. Ces ferments produisent encore de l'hydrogène quand ils agissent sur de la cellulose immergée dans des liquides neutres, qui ne tardent pas à devenir acides; mais ils produisent, au con-

traire, du formène quand les liqueurs sont rendues alcalines par du carbonate d'ammoniaque ou de potasse, et ce sont précisément là les conditions mêmes qui se rencontrent dans le tas de fumier, où les liquides ont toujours une réaction fortement alcaline.

Cette fermentation est liée à l'activité des ferments figurés qu'on aperçoit dans l'eau de lavage du fumier ; en effet, on arrête tout dégagement de gaz d'un flacon dans lequel on introduit une petite quantité de chloroforme.

Le ferment, auquel nous attribuons cette transformation de la cellulose, est court, dodu, réfringent ; il donne facilement des spores qui paraissent avoir besoin du contact de l'oxygène de l'air pour se ranimer. Quand une fermentation de paille ou de cellulose s'arrête, on réussit souvent à la ranimer en ouvrant le flacon pour exposer le liquide à l'action de l'air.

Les fréquents arrosages du fumier ont donc pour utilité non seulement de favoriser l'accès de l'air qui active les fermentations aérobies, mais elles servent, en outre, à faire passer à l'état actif les spores du ferment forménique, qui restent inertes quand elles sont longtemps privées du contact de l'oxygène.

Quant à l'origine des ferments du fumier, d'après MM. Dehérain, il est probable que les microbes qui tapissent l'intestin des herbivores sont rejetés avec les excréments et continuent à exercer leur action sur les hydrates de carbone des litières sur lesquelles ils sont déposés.

En résumé, conclut le savant professeur, on voit que les liquides alcalins introduits dans le fumier par les urines des animaux produisent un milieu favorable à l'existence de ferments pouvant vivre au contact de l'air et favorisant dans ce cas l'oxydation des hydrates de carbone du fumier (amidon, matières sucrées, gommes), qu'on trouve dans la paille et qu'on ne rencontre plus dans le

fumier; cette combustion lente emprunte son énergie à l'oxygène libre, elle élève la température de la masse et favorise les réactions.

La combustion se continue à l'abri de l'oxygène par l'activité des ferments; mais, dans ce cas, ce n'est plus qu'une combustion interne dont les éléments combustibles et comburants sont empruntés à la cellulose, et la température est moins élevée; pendant cette fermentation, une partie de la cellulose de la paille est amenée à l'état d'acide carbonique et de gaz des marais, sans jamais fournir d'hydrogène libre.

Comme les déjections solides et liquides des animaux de la ferme n'ont pas la même composition, il doit en être de même des fumiers qu'elles fournissent; en effet, non seulement le fumier des divers animaux n'a pas la même composition chimique, mais il a encore des propriétés physiques différentes.

Voici des analyses de fumiers qui n'avaient séjourné à l'étable que vingt-quatre heures, ils n'avaient subi aucune fermentation :

	Dans 1 000 kilogrammes.	
	Azote.	Acide phosphor.
Fumier de mouton........	8k,2	2k,0
— de cheval.........	6 ,7	2 ,3
— de vache..........	3 ,4	1 ,3
— de porc	7 ,8	2 ,0

Le *fumier de mouton* est sans contredit le meilleur. C'est un fumier léger relativement peu riche en eau, car par l'expiration pulmonaire et cutanée, le mouton rejette une proportion d'eau plus considérable que les animaux d'un poids et d'un volume plus grands. C'est pourquoi le fumier de bergerie est plus sec; il contient en moyenne 33 à 36 pour 100 de matière sèche, celui du cheval environ 30 pour 100, et le fumier frais du gros bétail

25 pour 100 (1). Les cultivateurs flamands estiment que deux voitures de fumier de mouton valent autant que trois voitures de fumier de bêtes à cornes. Il convient à tous les terrains, surtout à ceux qui sont argileux et froids (2). D'une manière générale, les brebis donnent plus de fumier que les moutons.

Le fumier de mouton ne convient pas toutefois à toutes les cultures. Les plantes oléagineuses, telles que le colza, la navette, s'en accommodent fort bien, de même le tabac, les choux et le chanvre. On ne l'applique guère sur le blé qu'il prédispose à la verse. Le fumier de mouton ne convient pas non plus à la betterave à sucre, il nuit à son rendement saccharimétrique. Enfin l'orge venue sur le fumier de mouton est refusée par les brasseurs, parce qu'il est pauvre en amidon.

Voici la composition du fumier de mouton d'après M. Boussingault :

Eau		616 p. 1 000
Matière sèche de 1 000 kilogr...	*Matières organiques.*	
	Azote	21,460
	Oxygène, hydrogène, carbone..	877,450
	Matières minérales.	
	Acide phosphorique	5,290
	— sulfurique	2,510
	Chlore	2,250
	Potasse	20,550
	Soude	1,560
	Chaux	17,290
	Magnésie	7,320
	Silice	43,310
	Oxyde de fer et manganèse....	0,910

Le *fumier de cheval* est très chaud, plus encore peut-être que celui de mouton, à la condition toutefois qu'il

(1) Dr E. Wolff, *Étude pratique sur les fumiers de ferme*, p. 92.

(2) G. Lechartier, *Agriculture théorique et pratique*, p. 149.

soit incorporé au sol à l'état frais. C'est pour cela qu'il est si apprécié en horticulture pour la confection des couches, car il fermente avec beaucoup de facilité. Comme le fumier de mouton, il convient aux terrains froids et humides, aux sols argileux et compacts.

Le fumier de cheval, d'après la composition que nous avons assignée aux déjections qui forment la base de cet engrais, et la moindre proportion de litière qu'elles exigent, devrait constituer un engrais plus actif, plus énergique que celui des bêtes à cornes ; cependant, beaucoup de cultivateurs le considèrent comme étant de qualité inférieure à ce dernier.

Cette contradiction est expliquée par M. I. Pierre : Si ce fumier est enterré frais, avant toute fermentation, il mérite certainement la préférence ; mais, lorsqu'il est mis en tas, sans précautions, avant d'être employé, et qu'on n'en prévient pas l'échauffement et la dessiccation par un tassement et des arrosages convenables, il peut perdre beaucoup de son énergie et descendre bien au-dessous du fumier des bêtes à cornes. Préparé convenablement, il produit, d'après Puvis, un fumier demi-consommé, au moins équivalent, s'il n'est supérieur, à celui des vaches.

Le *fumier de bêtes à cornes*, plus aqueux, lorsqu'il est frais, que celui de cheval et de mouton, exige, par cela même, moins de soins pour la conduite de sa fermentation. C'est ordinairement le plus abondant dans les fermes, et il a l'avantage de pouvoir être appliqué sur toutes les terres.

Le fumier des bœufs est peut-être un peu plus riche que celui des vaches ; il contient plus d'azote et d'acide phosphorique, car chez les vaches, ces deux principes contribuent surtout à la formation du lait.

Le fumier des bovidés agit plus lentement, mais d'une façon plus continue que les deux précédents ; c'est surtout dans les terrains secs qu'il doit être préféré.

Voici, d'après M. Boussingault, la composition du fumier de bœufs et vaches :

Eau p. 1 000...	818		
		Matières organiques pour 1 000.	
		Azote	18,410
		Oxygène, hydrogène, carbone..	887,100
		Matières minérales.	
		Acide phosphorique	7,110
		— sulfurique	3,750
Matière sèche.	282	Chlore	2,650
		Potasse	18,030
		Soude.......................	1,320
		Chaux.......................	14,840
		Magnésie....................	7,390
		Silice	38,060
		Oxyde de fer et manganèse ...	0,940

Le *fumier de porc* renferme jusqu'à 29 pour 1000 d'azote et 7,65 pour 1000 d'acide phosphorique ; c'est donc un des plus riches ; par cela même, il doit être employé avec beaucoup de prudence ; son emploi à titre exclusif doit être proscrit. Aussi bien souvent le considère-t-on comme le plus mauvais des fumiers. Toutefois, lorsque les aliments du porc sont délayés dans beaucoup d'eau, les déjections sont très liquides, il faut augmenter la proportion de litière et le fumier se trouve appauvri.

Pour le porc, plus encore peut-être que pour les autres animaux, la valeur fertilisante du fumier est en raison de la qualité des aliments qu'on lui donne. Il est à remarquer toutefois que le porc est omnivore ; il se nourrit de fruits, de racines, de graines et même de chair. Or, nous avons vu que la fiente des animaux granivores et carnivores est plus azotée que celle des herbivores ; il en est de même des urines, qui contiennent une plus forte proportion d'urée.

On recommande les fumiers de cheval et de mouton, dits *fumiers chauds*, parce qu'ils fermentent énergique-

ment, dans les terres froides et argileuses, et les fumiers de vache et de cochon, dits *fumiers froids*, dans les terres sablonneuses et légères.

La fermentation de ces derniers est ralentie par l'eau qu'ils contiennent et qui s'évapore en soustrayant leur chaleur. Leur azote est moins concentré et plus lentement dissous, mais ils coûtent moins cher à produire (1).

Dans une étude fort remarquable sur les qualités comparées des engrais, M. Lecouteux évalue comme suit les *prix de revient* de ces divers fumiers :

	D'après la composition chimique.	D'après le produit brut.
	Le kilog.	Les 1 000 kilog.
Fumier de porc......	0f 83	8f 89
— de mouton...	2 09	18 72
— de vache....	2 75	8 08
— de cheval....	2 98	16 18

Suivant ces chiffres, le fumier le plus cher est celui du mouton, le meilleur marché celui de vache, quand on ne considère que le poids brut. Mais la chimie renverse la proportion, en montrant que le mouton produit de l'azote au meilleur marché.

D'ailleurs, il n'y a rien de général sur ce point. Le prix de revient du fumier dépend des circonstances dans lesquelles on opère, des opérations zootechniques auxquelles on se livre et surtout de la manière dont on nourrit le bétail.

Comme on le voit, les différents fumiers ont des propriétés différentes. Cependant, généralement, dans les fermes, on ne les sépare pas, on les mélange tout aussi intimement que possible ; ce n'est que lorsqu'on opère sur des terres de nature bien tranchée qu'il y a avantage, mais

(1) A. Proost, *Manuel de chimie agricole et de physiologie végétale et animale appliquée à l'agriculture.*

alors un avantage réel, à faire au moins deux sortes de fumiers, des fumiers *chauds* et des fumiers *froids*.

Il n'en est pas moins vrai que c'est le fumier *mixte* qui est le plus généralement employé. Il peut l'être sous deux états : non fermenté, tel qu'il sort des étables, constituant alors le fumier *long*, *frais* ou *pailleux ;* ou bien à l'état de pourriture complète, consommé et converti en une masse pâteuse qu'on désigne sous le nom de fumier *court* ou *consommé*. Les fumiers, pour arriver là, demandent plus ou moins de temps, suivant la température et la quantité d'eau qu'ils renferment. En hiver, il faut en moyenne vingt semaines ; en été, huit ou dix suffisent. Sous ces deux états, les fumiers ont des propriétés très différentes.

Les *fumiers longs*, fait observer M. J. Girardin, occupant beaucoup de volume, ont une action bien plus longue et plus durable sur la végétation que les fumiers courts ; aussi les applique-t-on particulièrement aux végétaux qui restent longtemps en terre et aux sols forts, compacts et argileux, dont ils ameublissent les particules, en raison de leur contexture fibreuse.

Les *fumiers courts*, au contraire, lourds et compacts, ont une action instantanée sur les plantes, mais cette action est de peu de durée ; aussi les applique-t-on spécialement aux végétaux qui n'ont qu'une existence de trois à quatre mois et aux terres légères (1).

Le docteur Vœlcker a fait des recherches fort intéressantes sur les fumiers frais et consommé ; nous ne pouvons malheureusement, faute de place, le suivre pas à pas dans son admirable travail ; nous nous contenterons de donner la composition du fumier sous ces deux états et les vingt et une conclusions qu'il a tirées de son travail, conclusions remarquables qui intéressent plus spécialement les praticiens.

(1) J. Girardin, *Des fumiers et autres engrais animaux*, p. 204.

COMPOSITION DU FUMIER DE FERME (chevaux, vaches et porcs).

		Fumier frais.		Fumier fermenté.
Eau		66,17		75,42
(1) Matière organique soluble		2,48		3,71
Matière minérale soluble		»		»
Silice soluble	0,237		0,254	
Phosphate de chaux	0,299		0,382	
Chaux	0,066		0,117	
Magnésie	0,011		0,047	
Potasse	0,573		0,446	
Soude	0,051		0,023	
Chlorure de sodium	0,030		0,037	
Acide sulfurique	0,055		0,058	
— carbonique et perte	0,218		0,106	
(2) Matière organique insoluble		1,54		1,47
(1) Contenant azote	0,149		0,297	
Égal à ammoniaque	0,181		0,360	
(2) Contenant azote	0,494		0,309	
Égal à ammoniaque	0,599		0,375	
Azote total	0,643		0,606	
Égal à ammoniaque	0,780		0,735	
L'engrais renferme ammoniaque à l'état libre.	0,034		0,046	
L'engrais renferme ammoniaq. à l'état de sels.	0,088		0,057	
Matière minérale insoluble		25,76		12,82
Silice attaquable	0,967		1,424	
Sable	0,561		0,010	
Oxyde de fer, alumine et phosphates	0,596		0,947	
Contenant acide phosphorique	(0,178)		(0,274)	
Égal c. phosphate de chaux	(0,306)		(0,573)	
Chaux	1,120		1,667	
Magnésie	1,143		0,081	
Potasse	0,099		0,045	
Soude	0,019		0,038	
Acide sulfurique	0,061		0,063	
— carboniq. et perte.	0,484		1,295	
		4,05		6,58
		100,00		100,00

On voit que le fumier frais ou le fumier fermenté contiennent très peu d'ammoniaque libre ou combiné. Presque la totalité de l'azote du fumier se trouve à l'état de matière organique azotée. Dans le fumier frais, la plus grande partie des matières organiques azotées est insoluble ; dans le fumier fermenté, environ la moitié des matières azotées est soluble, et l'autre moitié est insoluble dans l'eau (1).

Voici du reste les conclusions formulées par le docteur Vœlcker :

1° Le fumier de ferme parfaitement frais contient à peine d'ammoniaque à l'état libre.

2° L'azote s'y trouve principalement à l'état de matière azotée insoluble.

3° Les matières solubles, organiques et minérales, sont d'un effet fertilisant, bien supérieur à celui des matières insolubles ; c'est pour cette raison qu'il importe d'aménager les déjections liquides des animaux et de tenir les fumiers en fosses étanches, au lieu d'en faire des tas sur les champs.

4° Le phosphate de chaux que tient le fumier frais jouit d'une solubilité remarquable.

5° Les urines des animaux ne renferment pas de phosphate de chaux en quantité appréciable, mais les liquides du fumier ou purins en contiennent en proportion notable ; aussi, pour ce motif, doivent-ils être précieusement conservés, au lieu de les laisser écouler en pure perte.

6° La meilleure manière d'empêcher la perte des éléments fertilisants du fumier est de le charroyer, dès que les circonstances le permettent, sur les champs à engraisser.

7° Il n'y a pas de perte à craindre en tenant le fumier

(1) *Annales agronomiques*, t. II, 1876. Extrait de *the Journal of the Royal Agricultural Society of England*, 2e sér., 12e vol., part. I, p. 203, 1876.

répandu sur le sol, du moment que celui-ci renferme de l'argile, car l'épandage arrête la fermentation et, par conséquent, le dégagement d'ammoniaque et de produits volatils fertilisants ; et, en outre, l'argile absorbe et retient les matières salines que la pluie viendrait à dissoudre.

Vœlcker n'hésite pas à recommander, pour les terres argileuses, de charrier les fumiers, de les répandre et d'attendre même six mois, s'il le faut, pour les enfouir ; non pas que le fumier long, enfoui avant les gelées, n'exerce une action utile en vue de l'ameublissement du sol et qu'il faille renoncer à cette utile pratique, mais mieux vaut de toutes manières garder le fumier répandu sur la terre qu'en tas. Pour les terres sablonneuses, l'application du fumier consommé se recommande avant de procéder à l'ensemencement.

8° Le fumier gras consommé renferme peu d'ammoniaque libre, mais beaucoup plus de matières organiques et minérales solubles que le fumier frais.

9° Il est plus riche en azote et, poids pour poids, plus efficace que le fumier frais.

10° En fermentant, le fumier perd, à l'état d'acide carbonique et d'autres produits gazeux, une proportion considérable de matières organiques.

11° Si toutefois la fermentation est bien réglée, la perte ne s'étend ni à l'azote ni aux matières salines.

12° Pendant la fermentation, les acides organiques, tels que l'acide humique et l'acide ulmique et du sulfate de chaux, se forment, qui fixent l'ammoniaque dégagée par la décomposition des matières azotées.

13° De même, le phosphate de chaux est rendu plus soluble que dans le fumier frais.

14° L'ammoniaque ne s'échappe pas à la surface des tas de fumier convenablement pressés, car les couches extérieures refroidies la retiennent au fur et à mesure

qu'elle se forme à l'intérieur du tas ; mais, en retournant les fumiers, on perd l'ammoniaque en quantités appréciables, et il importe de n'y toucher que dans les cas d'absolue nécessité.

15° Il est plus nuisible qu'utile de prolonger la fermentation du fumier au-delà du temps nécessaire.

16° Plus le fumier est conservé longtemps en tas, à l'air libre, plus il se détériore et la perte est d'autant plus grande que cet état dure plus longtemps.

17° La perte en valeur fertilisante du fumier conservé en tas ne résulte pas autant de la volatilisation de l'ammoniaque qu'à l'entraînement des sels ammoniacaux, des matières organiques azotées solubles et des substances salines, par les pluies qui arrosent les tas.

18° Le fumier gras bien consommé souffre plus de l'action détériorante des pluies que le fumier frais (1).

19° Au point de vue pratique, tous les éléments essentiels du fumier sont conservés par sa mise à couvert ; la perte d'ammoniaque est très minime et les matières salines ne subissent aucune déperdition.

20° Lorsque les animaux sont abondamment pourvus de litière, le fumier frais qu'on retire ne renferme pas assez d'eau pour produire une fermentation active, et il devient nécessaire d'arroser de temps à autre le tas à l'abri, soit avec de l'eau, soit avec du purin. Si la paille abonde dans le fumier et que l'on ne dispose pas des moyens de l'arroser en temps voulu, il est préférable de ne pas couvrir d'un toit la fosse à fumier. Au contraire, dans les exploitations où la litière, à cause de son prix, est rare et insuf-

(1) Il est vrai que ces deux dernières causes de détérioration sont fortement atténuées lorsque le tas de fumier repose sur une surface bien étanche et qu'on a soin de recueillir les eaux de lavage dans une fosse à purin. Le fumier est ensuite arrosé avec ce purin.

A. L.

fisante pour absorber les déjections liquides des animaux, il importe de couvrir la fosse.

21° Le plus mauvais procédé de préparation du fumier consiste à maintenir les animaux dans les cours ouvertes sur la litière, en raison de la perte énorme de matières fertilisantes qui s'ensuit : perte en poids et perte en qualité ; l'ammoniaque, les substances organiques solubles, le phosphate de chaux et les sels de potasse étant dissous et entraînés (1).

III. D'après ce qui précède, on voit que les fermiers doivent appliquer à la terre le fumier fraîchement enlevé des écuries et des étables, si cela est possible, en été et en hiver. Le fumier a alors tout le temps de se consommer dans le sol, la nitrification s'y produit et bien d'autres transformations chimiques ayant pour résultat de rendre bon nombre de principes utiles de la terre arable, directement assimilables.

Toutefois, cette manière de faire n'est pas toujours possible ; il est des moments de l'année où l'incorporation du fumier au sol n'est pas possible ; le bétail en produisant toujours, il faut le conserver parfois pendant deux ou trois mois, quelquefois plus longtemps ; alors le cultivateur doit veiller :

A lui conserver sa richesse originaire, c'est-à-dire toutes les matières utiles aux plantes qu'il renfermait et même, suivant les circonstances, augmenter sa puissance fertilisante ;

A lui donner une composition aussi homogène que possible ;

A ne pas en réduire le volume ou le poids au-delà de certaines limites.

(1) *Travaux et expériences du Dr A. Vœlcker*, par A. Ronna (*Annales de la science agronomique*, publiées par M. L. Grandeau, 2e année, 1885, t. II).

Ces conditions ne sont remplies :

Que si les déjections liquides des animaux sont conservées dans les fumiers ou leur sont incorporées ;

Que si la décomposition ou la fermentation s'opère très lentement et très régulièrement (1).

Le traitement des fumiers a donc une grande importance ; ce n'est d'ailleurs pas d'aujourd'hui qu'on le sait, puisque l'illustre Chaptal disait : « Comme les fumiers font la richesse d'un champ, un bon agriculteur ne doit rien négliger pour s'en procurer ; ce doit être là le premier de ses soins et de sa sollicitude journalière, car, sans fumier, il n'y a pas de récolte. »

M. Boussingault érige en principe, dans son *Economie rurale,* qu'« on peut, à la première vue, juger de l'industrie, du degré d'intelligence d'un cultivateur, par les soins qu'il donne à son tas de fumier ».

Il y a bien des manières de traiter et de conserver les fumiers ; mais les deux principales sont : la plate-forme et la fosse à fumier.

Les plates-formes doivent être établies sur une surface de forme carrée ou rectangulaire, bien étanche, à laquelle on donne une certaine convexité, qui doit faciliter l'écoulement des eaux dans les rigoles pavées qui circonscrivent l'aire ; de là, les liquides se rendent dans une citerne située à proximité ; celle-ci est munie d'une pompe qui sert à arroser le tas en temps de sécheresse. Sur ces plates-formes, dont les dimensions varient avec la quantité de bétail entretenu dans la ferme, le fumier est généralement stratifié. On met d'abord une couche de fumier chaud, celui des écuries, par exemple, au-dessus du fumier de mouton ; enfin le fumier d'étable, qui est le plus *long*, sert à faire les bords qui doivent se dresser bien verticalement. Cette

(1) Dr E. Wolff, *Étude pratique sur les fumiers de ferme,* trad. par A. Damseaux.

stratification se continue dans le même ordre. Lorsque le tas est suffisamment élevé, on le couvre de terre, de boue ou de gazon, sur une épaisseur de 20 à 30 centimètres, pour empêcher les eaux pluviales de laver la masse et éviter les déperditions gazeuses.

La hauteur du tas n'excède guère 2 mètres.

A l'Ecole d'agriculture de Grignon, où les plates-formes peuvent être citées comme modèles, elles ont 20 mètres de long sur 6 de large ; on en élève une à droite et une autre à gauche de la fosse à purin, ce qui facilite beaucoup l'arrosage.

Tous les jours, le fumier est sorti des écuries et des étables et conduit directement sur le tas avec des brouettes.

L'arrosage est indispensable ; il se pratique, suivant la saison, tous les cinq ou quinze jours environ. Pour y procéder, on fait, avec des lances, des trous creusés obliquement dans le tas, de dehors en dedans et de haut en bas. Si l'on néglige d'arroser les plates-formes, la masse se couvre de *blanc;* c'est une moisissure qui se développe aux dépens de la matière utile du fumier, surtout du fumier de cheval.

Les plates-formes doivent être faites rapidement, afin qu'on puisse les couvrir le plus tôt possible. A Grignon, il faut environ trois semaines pour en élever une.

« A Grignon, dit M. Rohart, le fumier est une véritable perfection agricole. Nous n'exagérons rien, car nulle part nous n'avons encore vu des résultats aussi complets ; et assurément, si rien n'est plus simple que la façon dont on procède, rien n'est plus satisfaisant sous le rapport de la qualité des produits obtenus.

« La masse entière est pénétrée de purin avec une régularité parfaite. Pas un atome de paille n'a pu y échapper, et le tas est dressé avec tant de soin, qu'à distance on croirait voir le mur d'une citadelle. Le purin suinte exté-

rieurement à travers cette masse ; toute la fibre végétale en est imprégnée comme une éponge, et le vernis qu'il y dépose, par évaporation au seul contact de l'air, ferait croire à une couche de goudron. Ce qui n'est pas moins curieux à constater, c'est qu'il est impossible à l'odorat de percevoir, autour ou même sur ces masses en voie de décomposition, la moindre odeur ammoniacale (1). »

Voici, d'ailleurs, l'analyse chimique du fumier *fait* de Grignon, d'après M. Soubeiran :

Eau	69,40
Matières organiques	19,20
Sels calcaires	0,87
Carbonate de chaux et de magnésie	1,75
Sulfate de chaux	1,31
Phosphate ammoniaco-magnésien	1,13
Autres phosphates et principalement phosphate de chaux	0,47
Matières terreuses	5,87
	100,00

Azote pour 100 : 1,34 ainsi réparti :

Dans les sels ammoniacaux solubles	0,11	1,34
Dans le phosphate ammoniaco-magnésien	0,66	
Dans les matières organiques	1,17	

Les *fosses à fumier* sont des excavations creusées à 1 ou 2 mètres de profondeur et allant en plan incliné ; le fond est rendu imperméable par une couche de béton ou d'argile tassée. Cette fosse sera à proximité des écuries ou des étables et autant que possible située au nord. On y accumule le fumier au fur et à mesure qu'il sort de l'habitation des animaux. Ce système soustrait fort bien le fumier à l'action des agents atmosphériques. Généralement la fosse est entourée d'un rebord peu élevé, ayant pour but d'éviter que les eaux de pluie y pénètrent. Au fond de la

(1) Rohart, *Annuaire des engrais et des amendements pour* 1863, p. 114 : *Moyen d'augmenter la masse des fumiers.*

fosse, on ménage une ouverture permettant au purin de s'écouler; celui-ci est recueilli dans une citerne.

Les fosses, auxquelles on peut reprocher d'augmenter les difficultés de chargement et d'empêcher ou, tout au moins, de rendre pénible le mélange des différentes couches de fumier, ont l'avantage incontestable, fait remarquer M. F. Berthault (1), d'atténuer en grande partie les effets, désastreux avec les plates-formes, d'un tassement incomplet et d'arrosages insuffisants. Et, nous insistons sur ce point, c'est là un avantage bien réel, attendu qu'au moment où les fumiers réclament les soins les plus assidus, c'est-à-dire à l'époque des chaleurs, des travaux urgents occupent tout le personnel de la ferme. Remarquons, en outre, que le tassement, si indispensable dans la confection des fumiers, s'obtient souvent d'une façon très économique avec les fosses. Beaucoup de ces emplacements, en effet, jouent un double rôle : ils servent de magasin à fumier et d'enclos pour le bétail. Il suffit de claies mobiles disposées à l'entour pour les transformer en parc où les animaux peuvent séjourner plus ou moins longtemps, comprimant le fumier et y ajoutant leurs déjections. Quelquefois même les fosses sont recouvertes d'un toit et deviennent alors de véritables étables pendant une partie de l'année.

Que faut-il préférer, la fosse ou la plate-forme? Les avis sont partagés; toutefois on ne peut rien dire d'absolu sur ce point; le choix est subordonné à quelques circonstances spéciales que M. Bella, l'ancien directeur de Grignon, a fort bien mis en évidence :

« Bien qu'à Grignon, dit-il, on ait préféré la *plate-forme* à la *fosse*, je n'hésite pas à reconnaître que, dans les exploitations trop peu importantes pour admettre un homme

(1) *Dictionnaire d'agriculture*, par J.-A. Barral et H. Sagnier, t. II, p. 1042, art. FUMIER.

spécialement chargé de cette fabrication et pour donner une grande dimension aux tas de fumiers, les *fosses* sont préférables aux *plates-formes*, parce que les matières fécondantes qu'on y entasse y sont mieux protégées contre les conséquences d'une mauvaise stratification et d'arrosages insuffisants. Cela est surtout vrai dans les climats chauds et secs, qui dessèchent rapidement les parois du fumier et y laissent établir des végétations cryptogamiques, connues sous le nom de *blanc* du fumier.

« Mais, lorsque les tas de fumier peuvent être construits et soignés par un homme spécial, c'est-à-dire lorsqu'ils peuvent être convenablement et régulièrement aménagés, lorsque la quantité de fumier, par conséquent, est assez grande pour nécessiter des tas de dimensions telles, que les surfaces soient proportionnellement peu importantes par rapport à la masse, la *plate-forme* nous a paru préférable, parce que les abords en sont partout faciles et parce que cela a une grande importance pour la prompte et économique opération du chargement du fumier sur les voitures qui doivent les porter dans les champs.

« On peut, il est vrai, faire descendre les voitures à charge dans les fosses de grandes dimensions, sur le fumier lui-même qu'on y a accumulé. Mais, sans compter que la sortie des voitures chargées sur les rampes assez raides de la fosse est un inconvénient très sérieux, on est obligé, dans ce cas, d'enlever le fumier par couches horizontales ou à peu près, ce qui ne mélange pas convenablement les divers éléments qui le composent. Les *plates-formes* sont, en outre, beaucoup plus économiques de construction que les *fosses* (1). »

Quelques agriculteurs, dans le but d'éviter les déperditions gazeuses des fumiers, surtout des gaz ammoniacaux,

(1) *Journal d'agriculture pratique*, 1863, t. II.

ajoutent à leurs fumiers diverses substances, telles que la chaux, le plâtre, le phosphate de chaux, le sulfate de fer, etc. Cette addition n'est pas à conseiller, croyons-nous; si le fumier est préparé suivant les principes ci-dessus énoncés, il est de bonne qualité.

La chaux est utile pour activer la décomposition de terreaux formés de gazon, de bruyères ou de boues, fait remarquer à ce sujet M. F. Vidalin; mais ne la mélangeons jamais directement aux substances d'origine animale; elle les détruit en éliminant les principes les plus fertilisants.

Le plâtre brûle également le fumier. Sans doute il absorbe une partie de l'ammoniaque, pour former un nouveau corps moins volatil (1). Mais cette désorganisation n'est pas sans danger pour la bonne marche de la fermentation. D'ailleurs, on a récemment accusé le plâtre de provoquer d'autres réactions gazeuses, probablement du sulfhydrate d'ammoniaque, qui se manifeste par son odeur caractéristique, et détermine finalement une importante perte d'azote (2). Il est plus sûr et moins coûteux de laisser agir la nature et de ne pas troubler l'action des ferments. Même observation quant au vitriol (3). Pour améliorer les fumiers, faites de la litière, encore de la litière, toujours de la litière (4). Toutefois, il est une substance qui peut être avantageusement appliquée sur le fumier : c'est le phosphate de chaux, qu'on répand derrière les animaux, à la dose de 9 kilogrammes environ par mètre cube de fumier produit. Lorsque le fumier fermente, il se produit un

(1) Le plâtre ou sulfate de chaux forme avec le carbonate d'ammoniaque du fumier un sulfate d'ammoniaque moins volatil. A. L.

(2) Michel Perret, Conférence sur le fumier.

(3) Le vitriol vert, ou sulfate de fer, attaque même les phosphates du fumier et les transforme en phosphate de fer, que les plantes s'assimilent très mal.

(4) F. Vidalin, *Notes sur les fumures dans le Centre* (*Journal d'agriculture pratique*, 1887, t. I, p. 524).

échange entre les bases et les acides, d'où résulte la production de carbonate de chaux et de phosphate d'ammoniaque.

Des expériences ont été faites récemment et ont démontré que le fumier seul, conservé quinze semaines, perd 33 pour 100 de son poids en matières fertilisantes ; saupoudré de phosphate, il ne perd que 14 pour 100 dans le même délai.

Le phosphatage est, croyons-nous, un excellent moyen de conservation des fumiers et aussi le moyen le plus rationnel d'emploi des phosphates de chaux, qui, comme nous le verrons, sont peu assimilables par eux-mêmes.

La quantité de fumier produite dans une exploitation peut être déterminée *a priori*.

Pour cela, étant connu le poids vif du bétail *nourri* au *maximum* dans une ferme où les animaux stationnent la plus grande partie du temps, on multiplie le poids vif de bétail par 35 pour les bœufs, 30 pour les vaches et les porcs, 22 pour les moutons, et 15 pour les chevaux et les bœufs de travail. Le produit obtenu indiquera la quantité approximative de fumier produite par année, car :

Un bœuf d'engrais	donne par an	3 500 k.	de fumier	(100 × 35 = 3 500)
Une vache	—	3 000	—	(100 × 30 = 3 000)
Un porc	—	3 000	—	
Un mouton	—	2 200	—	(100 × 22 = 2 200)
Un cheval de trait	—	1 500	—	(100 × 15 = 1 500)
Un bœuf de trait	—	1 500	—	

Si, au lieu du quintal de chair vivante, on introduit, dans le calcul, le poids vif total de chaque animal, on trouve les résultats ci-après (1) :

(1) E. Lecouteux, *Principes de la culture améliorante*, 4e édit.

Tableau XXIX.

BASES DE CALCUL			FUMIER PRODUIT PAR TÊTE	
Poids vif par tête.	Bestiaux.	Multiplicateur.	par an.	par jour.
k			k	k
600	Bœuf d'engrais..	35	21 000	59
500	Vache...........	30	15 000	41
100	Porc............	30	3 000	8
30	Mouton.........	22	660	1,8
500	Cheval de trait...	15	7 500	20
600	Bœuf de travail..	15	9 000	24

Toutefois, on comprendra sans peine que cette méthode de calcul ne puisse donner qu'une approximation ; elle ne peut être appliquée que lorsque les animaux sont nourris au maximum. De plus, la qualité des aliments n'intervient pas encore dans ces données. Il y a une autre méthode de calcul, qui est plus rigoureuse, pour obtenir le poids absolu du fumier frais que peut livrer une ferme :

On cherche, dans les tables spéciales (tableau XXX), la somme totale de matière sèche renfermée dans les aliments consommés, *on prend la moitié, on ajoute au chiffre ainsi obtenu la somme des matières riches renfermées dans les litières, et on multiplie la somme trouvée par 4.*

Nous donnons ci-contre (tableau XXX) un extrait des tables de Wolff, qui simplifiera ce calcul ; il donne en même temps des notions du plus grand intérêt sur les besoins des plantes, le choix des engrais nécessaires à chaque culture et des données sur l'épuisement du sol par la culture. Il représente des *moyennes*.

Tableau XXX.

EXTRAIT DES TABLES DE WOLFF.

Composition moyenne pour 1000 kilogrammes de substance fraîche ou sèche.

MATIÈRES	EAU.	CENDRES.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.	SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.
Fourrages secs.								
Foin de prairie......	144	66,3	13,1	4,1	17,1	4,7	7,7	6,3
Trèfle rouge.........	160	56,5	21,3	5,6	19,5	0,9	19,2	6,9
Trèfle blanc.........	160	60,3	23,8	8,5	10,6	4,7	19,4	6,0
Trèfle hybride......	160	46,5	24,5	4,7	15,7	0,7	14,8	7,1
Luzerne.............	160	60,0	23,0	5,1	15,2	0,7	28,8	3,5
Esparcette	160	45,3	21,3	4,7	17,9	0,08	14,6	2,6
Vesces vertes.......	160	73,4	22,7	9,4	30,9	2,1	19,3	5,0
Avoines vertes......	145	61,8	»	5,1	24,1	2,0	4,1	2,0
Fourrages verts.								
Herbe de pré en fleur	700	23,3	4,4	1,5	0,0	1,6	2,7	1,1
Jeune herbe.........	800	20,7	5,0	2,2	11,6	0,4	2,2	0,6
Ray-grass...........	700	21,3	5,7	1,7	5,3	0,9	1,6	0,5
Avoine en fleur.....	770	16,6	3,8	1,4	6,5	0,6	1,1	0,5
Blé en fleur.........	690	21,7	»	1,6	5,6	0,1	0,7	0,5
Seigle en fourrage..	700	16,3	4,3	2,4	6,3	0,1	1,2	0,5
Millet, moha........	680	23,1	4,0	1,3	8,6	»	2,5	1,9
Orge en tuyaux.....	150	22,3	»	2,3	8,6	0,4	1,6	0,7
Orge en fleur.......	680	22,5	3,6	2,2	5,9	0,1	1,4	0,7
Trèfle rouge........	800	13,4	5,9	1,3	4,6	0,2	4,6	1,6
Trèfle blanc........	810	13,6	5,6	2	2,4	1,1	4,3	1,4
Trèfle hybride......	815	10,2	»	1	3,5	0,2	3,2	1,6
Luzerne.............	153	17,6	7,2	1.5	4,5	0,2	8,5	1,0
Esparcette..........	185	11,6	5,1	1,2	4,6	0,2	3,7	0,7
Vesces vertes.......	820	15,7	4,8	2,0	6,6	0,5	4,1	1,1
Pois verts..........	815	13,7	5,1	1,8	5,6	»	3,9	7,1
Colza vert..........	850	13,5	5,1	1,2	4,4	0,5	3,1	0,6
Maïs fourrage.......	852	8,2	3,2	0,7	2,4	0,1	1,2	0,1
Sarrazin	828	17,6	5,1	1,1	4,3	0,2	6,6	3,7
Plantes racines.								
Pommes de terre....	150	9,4	3,2	1,8	5,6	0,1	0,2	0,4
Topinambour	800	10,3	3,2	1,6	6,7	»	0,4	0,3
Betteraves à fourrages	883	8,0	1,7	0,8	4,3	1,2	0,4	0,4
Betteraves à sucre ..	816	8,0	1,6	1,1	4,0	0,8	0,5	0,7
Turneps.............	809	7,5	1,6	1,0	3,0	0,8	0,8	0,3
Navets..............	915	6,1	1,3	1,1	3,1	0,2	0,8	0,1
Choux raves.........	877	9,5	2,5	1,4	4,9	0,6	0,9	0,2
Carottes	860	8,8	2,1	1,1	3,2	1,9	0,9	0,5
Chicorée............	800	10,4	2,5	1,5	4,2	0,8	0,9	0,7

MATIÈRES.	EAU.	CENDRES.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.	SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.
Feuilles en partie herbacée des plantes racines.								
Pommes de terre (fin août)............	825	15,6	6,8	1,0	2,3	0,4	5,1	2,6
Pommes de terre (commenc. d'octob.)	770	11,8	4,9	0,6	0,7	0,1	5,5	2,7
Betteraves à fourrages	907	14,8	3,0	0,8	4,3	3,1	1,7	1,4
Betteraves à sucre....	897	18,0	3.0	1,3	4,0	3,0	3,6	3,3
Turneps	898	14,0	3,0	1,3	3,2	1,1	4,5	0,6
Carottes.............	808	26,1	5,1	1,2	3,7	6,0	8,6	1,2
Choux blancs.......	885	12,4	2,4	2,0	6,0	0,5	1,9	0,4
Trognons de choux..	820	11,6	1,8	2,4	5,1	0,6	1,3	0,5
Produits ou déchets de fabrication.								
Pulpes de betteraves.	692	9,7	2,9	1,0	3,6	0,8	2,5	0,5
Pulpes ordinaire.....	692	9,3	2,9	1,2	2,3	1,2	2,5	»
Pulpes résidus de macération..........	885	4,1	1,6	0,8	1,5	0,4	1,1	0,5
Mélasses de betteraves	175	93,1	12,8	0,6	66,2	9,8	5,6	0,4
Vinasses de betteraves	907	17,7	1,9	»	15,9	»	0,2	»
Vinasses de pommes de terre..........	947	5,9	1,6	1,2	2,7	0,4	0,4	0,5
Pelures de pommes de terre..........	800	67,1	»	2,5	48,8	0,5	6,4	4,5
Fine farine de froment.............	136	4,1	18,9	2,1	1,5	0,1	0,1	0,3
Farine de seigle.....	142	16,9	16,8	8,5	6,5	0,3	0,2	1,4
— d'orge.........	140	20,0	16,0	9,5	5,8	1,5	0,6	2,7
— grossière d'orge	113	49,8	»	14,4	9,4	0,7	1,2	3,8
— de maïs.......	140	9,5	16,0	4,3	2,7	0,3	0,6	1,4
— de millet......	140	11,6	»	5,5	2,3	0,3	»	3,0
Son de froment......	135	55,6	22,4	28,8	12,3	0,3	2,6	9,4
Son de seigle.......	131	11,4	23,2	34,2	19,3	0,9	2,5	11,3
Drèche..............	768	12,0	7,8	4,6	0,5	0,1	1,4	1,2
Malt vert...........	475	14,6	10,4	5,3	2,5	»	0,5	1,2
Malt touraillé.......	42	26,6	14,1	0,7	4,6	»	1,0	2,2
Germes de malt......	92	59,6	38,4	12,5	20,8	»	0,9	0,8
Marcs de raisins.....	650	16,1	»	2,5	8,6	0,1	2,5	0,5
Tourteau de colza...	150	56,0	45,8	20,7	13,6	0,1	6,4	6,1
— de lin.....	115	55,2	43,8	19,4	12,9	0,8	8,8	4,7
— de pavot...	100	95,4	52,0	36,1	19,8	4,3	4,1	26,8
— de noix....	136	46,4	»	20,3	15,4	»	5,7	3,1

MATIÈRES.	EAU.	CENDRES.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.	SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.
Pailles.								
Blé d'hiver..........	141	42,6	3,2	2,3	4,9	1,2	2,6	1,1
Seigle d'hiver.......	154	40,7	2,4	1,9	1,6	1,3	3,1	1,3
Epeautre d'hiver....	143	47,7	3,2	3,0	5,3	0,2	2,3	0,4
Seigle d'été..........	143	47,6	2,5	3,1	11,1	»	4,4	1,3
Orge..............	140	43,9	4,8	1,9	9,3	2,0	3,3	1,1
Avoine.............	141	44,0	4,0	1,8	9,7	2,3	3,6	1,8
Maïs...............	140	47,2	4,8	3,8	16,6	0,5	5,0	2,6
Pois...............	143	49,2	10,4	3,8	17,0	2,6	18,6	3,8
Fèves de marais.....	180	58,4	16,3	4,1	25,9	2,2	13,5	4,6
Sarrazin............	160	51,7	13,0	6,1	24,1	1,1	9,5	1,9
Colza..............	170	38,0	3,0	2,7	9,7	3,9	10,1	2,1
Pavots.............	160	66,0	»	2,3	25,1	0,9	19,9	4,3
Balles.								
Blé................	138	92,5	7,2	4,0	8,4	1,7	1,9	1,2
Orges (barbes).......	140	122,4	4,8	2,4	9,4	1,1	12,7	1,6
Avoine.............	143	19,0	6,6	0,2	10,4	3,8	7,0	2,1
Maïs (rafles).........	115	5,0	2,3	0,2	2,4	0,1	0,2	0,2
Plantes textiles.								
Tige de lin (paille)...	140	31,9	»	4,3	11,8	1,6	8,3	2,3
Filasse.............	100	6,0	»	0,2	6,2	0,2	3,8	0,3
Lin (plante entière)..	250	32,3	»	11,3	11,3	1,5	5,0	2,9
Chanvre (plante entière)............	300	28,2	»	5,2	5,2	0,9	12,1	2,7
Houblon (plante entière)............	250	74,0	»	9,0	19,4	2,8	11,8	4,3
Houblon (cônes).....	120	59,8	»	9,0	22,3	1,3	10,1	2,1
Tabac..............	180	197,5	»	7,1	54,1	7,3	73,1	20,7
Litières diverses.								
Bruyère.............	200	36,1	10,0	1,8	4,8	1,9	6,8	3,0
Genet à balai........	160	18,9	»	1,6	6,9	0,5	3,2	2,8
Fougère.............	160	58,9	»	5,7	25,2	2,7	8,3	4,5
Varech.............	180	118,0	»	3,7	17,1	28,3	16,4	11,2
Feuilles de hêtre....	150	57,4	8,0	2,4	3,0	0,3	25,8	3,4
Feuilles de chêne....	150	41,7	8,0	3,4	1,5	0,2	20,2	1,7
Aiguilles de pin sylvestre............	160	11,8	5,0	1,9	1,2	»	4,9	1,1
Roseau.............	180	38,5	»	0,8	3,3	0,1	2,3	0,5
Carex..............	140	69,5	»	4,7	23,1	5,1	3,7	2,9
Jonc...............	140	45,6	»	2,9	16,7	3,0	4,3	2,9

MATIÈRES.	EAU.	CENDRES.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.	SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.
Grains et graines de plantes agricoles.								
Blé	143	17,7	20,8	8,2	5,5	0,6	0,6	2,2
Seigle	149	17,3	17,6	8,2	5,4	0,3	0,5	1,9
Orge	145	21,8	16,0	1,2	4,8	0,6	0,5	1,8
Avoine	140	26,4	17,9	5,5	4,2	1,0	1,0	1,8
Epeautre velu	148	35,8	16,0	7,2	6,2	0,6	0,9	2,1
Maïs	136	12,3	16,0	5,5	3,3	0,3	0,2	1,8
Riz non mondé	120	69,0	»	32,6	12,7	3,1	3,5	5,9
Riz mondé	130	3,4	»	1,7	0,8	0,2	0,1	0,5
Millet non mondé	130	39,1	24,0	9,1	4,7	0,4	0,4	3,3
Millet mondé	131	12,3	»	6,6	2,3	0,7	»	2,3
Sorgho	140	16,0	»	8,1	4,2	0,5	0,2	2,4
Sarrazin	141	9,2	14,40	4,4	2,1	0,6	0,3	1,2
Colza	120	37,3	31,0	16,4	8,8	0,4	5,2	4,6
Lin	118	32,2	32,0	13,0	10,4	0,6	2,7	4,2
Chanvre	122	48,1	26,2	17,5	9,7	0,4	11,3	2,7
Pavot	147	52,2	28,0	16,4	7,1	0,5	18,5	5,0
Moutarde	120	37,8	»	14,7	6,0	2,2	7,1	3,9
Betterave	140	48,7	»	7,6	9,1	8,4	7,6	9,2
Navet	120	35,0	»	14,1	7,7	0,3	6,1	3,0
Carotte	120	74,8	»	11,8	14,3	3,6	29,0	5,0
Pois	138	24,2	35,8	8,8	9,8	0,9	1,2	1,9
Vesce	136	20,7	44,0	7,9	6,3	2,2	0,6	1,8
Fèves de marais	141	29,6	4,08	11,6	12,0	0,4	1,5	2,0
Fèves de jardin	148	26,1	»	7,9	11,5	0,8	2,0	2,0
Lentilles	134	17,8	41,7	5,2	1,7	1,8	0,9	0,4
Lupin	138	34,0	60,0	8,7	11,4	6,0	2,7	2,1
Trèfle	150	36,9	»	12,4	13,8	0,2	2,3	4,5
Esparcettes	160	37,6	»	9,0	10,8	1,1	11,9	2,5
Fruits.								
Marronnier	492	12,0	»	2,7	7,1	»	1,4	0,1
Pomme (fruit entier)	840	2,7	»	0,4	1,0	0,7	0,1	0,2
Poire (fruit entier)	800	4,1	»	0,6	2,2	0,4	0,3	0,2
Cerise (fruit entier)	780	4,3	»	0,7	2,2	0,1	0,3	0,2
Prune (fruit entier)	820	4,0	»	0,6	2,4	»	0,4	0,2
Engrais.								
Fumier d'étable	750	69,1	5,0	3,2	6,8	1,5	6,8	1,7
— frais	710	44,1	4,5	2,1	6,0	0,6	5,7	1,4
— à demi consommé et un peu desséché	750	74,5	5,0	3,5	7,0	2,0	7,5	1,9

22

MATIÈRES.	EAU.	CENDRES.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.	SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.
Fumier consommé...	790	72,9	5,8	3,4	5,0	0,8	9,8	1,8
Purin..............	982	10,7	1,5	0,1	4,9	1,0	0,3	0,4
Excréments humains frais.............	772	29,9	10,0	10,9	2,5	1,6	6,2	3,6
Urine humaine fraîche..............	953	13,5	6,0	1,7	2,0	4,6	0,2	0,2
Mélange des deux frais.............	935	14,0	7,0	2,6	1,9	3,8	0,9	0,6
Fosses d'aisances...	970	15,0	3,5	2,8	2,0	4,0	1,0	0,6
Fumier de pigeon....	250	278,0	17,6	32,0	18,0	1,0	26,0	9,0

L'unité de fumier la plus employée est 1 000 kilogrammes; les *fumerons* (tas de fumier déposés sur le champ), les *voitures* et le *mètre cube* n'ont rien d'absolu, car les fumerons sont plus ou moins volumineux, les voitures plus ou moins grandes et le mètre cube plus ou moins tassé; d'ailleurs, le fumier chargé du tas dans la voiture peut doubler de volume.

On peut considérer comme une *très forte fumure*, celle qui dépasse 60 000 kilogrammes à l'hectare. Une *forte fumure,* celle qui dépasse 50 000 kilogrammes. Une *bonne fumure* dépasse ou atteint 40 000 kilogrammes. Une fumure *ordinaire* est de 30 000 kilogrammes de fumier par hectare.

Évidemment c'est là la meilleure base d'appréciation, car le poids du mètre cube varie énormément suivant le degré d'humidité, le tassement, la quantité de litière employée, etc., etc.

Voici quelques chiffres à ce sujet :

Fumier de cheval ou mouton, pailleux, frais, peu tassé, 0,40 d'eau...................... 300 kil.

Le même, plus brisé, plus tassé, 0,50 d'eau ...	410 kil.
Le même, moins pailleux, fermenté, 0,60 d'eau.	600 —
Le même, tassé, demi-consommé, 0,70 d'eau ..	700 —
Fumier de vache ou bœuf, pailleux, frais, peu tassé, 0,60 d'eau...........................	600 —
Le même, moins pailleux, peu tassé, 0,70 d'eau.	750 —
Le même, demi-consommé, 0,75 d'eau........	800 —
Le même, consommé..................	900 à 1000 —

Presque toujours on a avantage à employer des fumiers frais; toutefois, d'une manière générale, dans les sols froids et compacts, on préfère un fumier un peu plus sec, plus pailleux. Dans les sols légers et secs, on préférera le fumier frais qui achèvera de se consommer dans le sol.

On recommande aussi, pour les plantes d'hiver, celles du printemps, qui reçoivent de nombreuses façons culturales, un fumier frais; pour les plantes de printemps à végétation rapide, on réservera le fumier un peu plus décomposé.

L'emploi du fumier se fait pendant presque toutes les saisons de l'année : en hiver, pour les féveroles, le pavot, dit M. E. Menault; au printemps, pour le chanvre, le maïs, le tabac; en été, pour le colza, le trèfle incarnat, les turneps; enfin, à l'automne, pour un grand nombre de plantes qui se sèment à cette époque.

Dans la culture biennale ou triennale avec jachère, on porte le fumier sur les terres pendant toute la belle saison pour les céréales d'automne.

Dans la culture alterne, où l'on commence l'assolement par une plante à racine fourragère, c'est surtout pendant l'hiver que l'on transporte les engrais destinés aux betteraves, pommes de terre, rutabagas.

L'épandage du fumier doit suivre à très peu d'intervalle le déchargement sur le champ. Si on laisse le fumier sur le sol, l'eau pluviale lave l'engrais, dissout les sucs qu'elle fait pénétrer dans le voisinage immédiat des fumerons ou

qu'elle entraîne hors du champ, selon que le terrain est de niveau ou en pente. Il y a, dans le premier cas, inégalité de fumure, et dans le second, perte absolue de matière fertilisante, à moins que les eaux qui s'écoulent ne se déposent dans une pièce inférieure appartenant au même propriétaire.

En outre, le fumier conservé en tas se prend en masse à la longue ; il s'agglomère et ne peut se diviser ensuite qu'avec difficulté, ce qui rend l'épandage plus coûteux ou moins uniforme.

L'épandage est d'autant plus difficile qu'on emploie moins de fumier.

Dans les champs en pente, l'enfouissement par un labour du fumier doit succéder sans retard à l'épandage ; cela paraît moins urgent sur les terrains de niveau. On admet généralement que le fumier qui a été exposé quelque temps au contact de l'air favorise particulièrement la réussite de la première récolte, mais que son action est d'autant moindre sur la seconde.

Il nous semble, fait observer M. Berthault, que personne n'a jamais démontré expérimentalement qu'il y avait des inconvénients à recouvrir immédiatement le fumier épandu, et nous regardons cette pratique comme favorable. Les faits allégués en faveur du séjour de l'engrais de ferme à l'air prouvent simplement qu'il ne faut pas s'effrayer outre mesure des retards qui peuvent survenir (1).

La mise en terre du fumier à l'avance favorise la destruction des mauvaises herbes dont il peut conserver les germes.

On peut se demander à quelle profondeur il est utile de placer l'engrais de ferme.

La position des matières fertilisantes dans la couche

(1) *Loc. cit.*

végétale est loin d'être indifférente, notamment celle des substances énergiques qu'on emploie en petite quantité, comme le guano, la colombine, etc.

Quant au fumier, d'une façon générale, on peut dire qu'il ne faut pas trop l'enfouir. Néanmoins, on doit fumer plus profondément les plantes à racines pivotantes comme la carotte, la betterave, la chicorée à café, la luzerne, que les plantes à racines traçantes, telles que les céréales et les diverses graminées.

Lorsqu'on fume au début de la belle saison et sur des terres légères, perméables, il faut enfouir l'engrais jusque dans la couche où la fraîcheur se conserve et où la végétation souterraine présente de l'activité. Placé plus près de la surface, dans une couche que l'humidité abandonne en été, le fumier se dessèche sans pouvoir servir aux besoins des récoltes.

Au contraire, lorsqu'il s'agit d'une fumure d'automne dans les terres argileuses et compactes où l'air s'introduit difficilement, on doit enterrer par un labour superficiel; c'est l'infiltration naturelle qui reste chargée de la diffusion de l'engrais dans toute l'épaisseur du sol cultivé (1).

On sait encore fort peu de chose sur la durée d'action absolue du fumier de ferme. Les causes qui agissent sur cette durée sont, d'après M. Lefour :

1° La *nature du fumier* lui-même : plus il est riche en principes ammoniacaux, plus il est soluble, plus sa fermentation est avancée, plus il est divisé et plus promptement il se dissipe. Cependant s'il est riche en sels peu solubles, il peut agir longtemps encore par ces substances;

2° La *nature du sol :* le fumier dure plus longtemps dans les argiles que dans les sables, mais il agit moins vite, et les argiles en absorbent davantage d'abord sans en

(1) E. Menault, *les Engrais, manuel à l'usage des cultivateurs.* 1881.

manifester les effets ; il se conserve dans une terre froide, mais a peu d'action, il disparaît promptement dans la craie, mais il y laisse des principes dont on reconnaît longtemps l'action ;

3° La *température :* la chaleur, l'eau, le soleil activent la décomposition du fumier ; un excès de sécheresse l'arrête cependant ;

4° Les *plantes :* elles épuisent les fumiers dans différentes proportions ;

5° La *culture et les façons :* une culture active met le fumier plus à portée des plantes et, accroissant leur force végétative, accélère la dissolution de l'engrais. Quant au retour des fumiers dans le même champ, il dépend de causes très diverses. Ici on fume tous les ans, ailleurs tous les deux, trois, quatre, cinq, six ans, etc.

IV. On donne le nom de *compost* à un engrais mixte formé de résidus végétaux et animaux de toute nature, de cendres, de balayures, de tourbes, résidus de cuisine, etc., etc. On incorpore au compost tous les débris organiques qu'on ne peut employer séparément, soit qu'on ne trouve pas d'avantage à les utiliser seuls en raison de leur nature, soit qu'on dispose de trop faibles quantités. Avec ces matériaux divers, on forme des couches superposées qui se corrigent les unes par les autres.

Il va sans dire que la valeur d'un compost varie avec les matériaux qui le forment et son mode de préparation qui, contrairement à ce que l'on pense, est loin d'être indifférent.

La chaux convient très bien à la désagrégation des parties ligneuses et résistantes qui entrent souvent dans ces engrais et qui, sans elle, résisteraient à la putréfaction. Toutefois, si on fait entrer dans le compost une quantité un tant soit peu notable de matières fécales, urines, excréments d'animaux, etc., il convient de proscrire la chaux, car cette base, en chassant l'ammoniaque de ces substances,

amènerait une déperdition considérable de cette matière éminemment fertilisante.

On établit le compost dans un endroit ombragé situé au voisinage et non pas dans l'intérieur de la ferme. On laisse fermenter en tas, en arrosant de temps à autre avec de l'eau ou bien avec le jus qui s'écoule par le bas. Lorsque le tas est terminé, on le recouvre de terre. On voit qu'un compost a suffisamment fermenté lorsqu'il présente l'aspect du terreau.

Les composts, très terreux de leur nature, doivent être recoupés de temps à autre. On choisit, pour faire cette opération, le moment où le tas se couvre d'herbes ; on incorpore alors celles-ci dans la masse, et on est sûr de ne pas introduire de semences nuisibles dans les cultures.

La multiplicité des recettes pour faire des composts, disent MM. Girardin et Dubreuil, prouve qu'il n'est pas bien difficile d'en inventer. Tout peut être utilisé dans les fermes bien administrées, car tout peut servir à l'engraissement des terres et suppléer à la disette des fumiers. Ainsi, la tourbe, le tan, le bois pourri, la sciure de bois, les feuilles d'arbre, les mauvaises herbes, les débris de paille, la poussière des greniers à foin et à grains, le marc de pommes à cidre et du raisin, les gazons, etc. ; tous les liquides chargés ou de matières salines ou de matières organiques, tels que les urines, le purin, les eaux grasses, les eaux de savon, les eaux de féculerie, le liquide des abattoirs, l'eau des routoirs dormants, dans lesquels on a fait rouir le chanvre et le lin, l'eau des mares dans lesquelles on a lavé les moutons et qui contient alors le suint des toisons, etc. ; toutes les terres, les sables de route, les cendres du foyer, les cendres de houille, les charrées, les suies de bois et de houille, la terre obtenue par le curage des fossés, des mares, les débris de démolition, etc. ; tous les débris d'animaux, cadavres de bêtes mortes, os de bou-

cherie cassés menu, chiffons de laine, poils, cheveux, plumes, drayures de peaux, débris de cuirs, râpure de corne, résidus des fabriques de colle et de boyauderies, sang des animaux, issues et vidanges d'intestins, etc.; tout cela peut servir à la fabrication des composts, et le cultivateur trouve sous sa main, dans toutes les positions, dans toutes les localités, d'immenses ressources pour augmenter la provision d'engrais de son exploitation.

On applique de préférence les composts sur les luzernières, les tréflières et les arbres fruitiers; ils constituent les meilleurs engrais qu'on puisse appliquer aux prairies.

CHAPITRE VIII.

LES ENGRAIS CHIMIQUES.

DÉFINITION. — DIVISION. — I. Engrais azotés. — Les nitrates : le nitrate de potasse. — Sa composition, son mode d'action. — Son emploi. — Production artificielle et gisements naturels. — Le nitrate de soude. — Sa composition. — Production annuelle. — Gisements. — Recherches de MM. Müntz et Marcano. — Action du nitrate de soude. — Rapidité de son action. — Avantages et inconvénients de l'emploi des nitrates. — Le chlorhydrate d'ammoniaque. — Les eaux ammoniacales. — Le sulfate d'ammoniaque : composition. — Falsifications. — Son emploi.

II. Engrais phosphatés : l'acide phosphorique. — Importance de sa restitution. — Phosphate d'ammoniaque. — Phosphates de soude et de potasse. — Phosphate de chaux. — Apatites. — Phosphorites. — Gisements. — Emploi. — Nodules phosphatés. — Phosphates de la Meuse, etc. — Coprolithes : gisements. — Phosphates de Pernes en Artois. — Extraction. — Composition chimique. — Emploi agricole. — Sables phosphatés de la craie : gisements d'Orville et de Beauval. — Extraction, composition, emploi. — Importance des gisements de phosphate de chaux en France. — Les superphosphates, composition. — Superphosphate d'ammoniaque. — Superphosphates riches. — Rétrogradation. — Valeur agricole de l'acide phosphorique *rétrogradé*. — Recherches de M. Millot, de M. Petermann. — Phosphates précipités. — Emploi des phosphates naturels, des phosphates précipités et des superphosphates.

Incompatibilité des nitrates et des superphosphates : recherches de M. Audouard. — Les scories de déphosphoration de MM. Thomas et Gilchrist. — Leur emploi comme engrais phosphaté. — Expériences de M. Grandeau et de M. Thiry.

III. Les engrais potassiques. — La potasse. — Nitrate de potasse. — Chlorure de potassium. — Sulfate de potasse. — Emploi comparé de ces deux engrais. — Les sels de Stassfurth. — La carnallite. — Le kaïnite. — Emploi agricole.

Les champs d'expériences. — Le fumier et les engrais chimiques. — Pratique des engrais chimiques. — Précautions à prendre dans leur emploi. — Les fraudes. — Vente et achat des engrais chi-

miques.— Législation.—Vente sur analyse.—Valeur commerciale des éléments fertilisants d'un engrais : prix de l'azote, de l'acide phosphorique assimilable et de la potasse.

On donne le nom d'*engrais chimiques* à des sels contenant un ou plusieurs des éléments utiles du fumier et qui, par cela même, sont employés comme matière fertilisante.

Les engrais chimiques se divisent donc tout naturellement en quatre groupes, suivant le principe qu'on leur demande surtout :

1° Engrais azotés ;

2° Engrais potassiques ;

3° Engrais phosphatés ;

4° Engrais magnésiens.

C'est surtout depuis les travaux de Liebig et de Georges Ville que les engrais chimiques ont été employés dans la pratique agricole.

I. Les engrais chimiques azotés sont indispensables aux plantes, puisqu'on trouve l'azote dans celles-ci sous un nombre considérable de formes, dont les principales sont, d'après le docteur G. Guérin (1) :

Diastases (ferments azotés des végétaux) : Invertine, Émulsine, Myrosine, Pectase, Pepsine, etc., etc. ;

Pigment chlorophyllien ;

Aleurone ;

Gluten ;

Légumine ;

Cristalloïdes ;

Asparagine, glutamine ;

Leucine, tyrosine ;

(1) Dr Gabriel Guérin, *Origine et transformations des matières azotées chez les êtres vivants*. 1 broch., 1886, p. 48.

Peptones;

Alcaloïdes;

Matières colorantes azotées diverses.

L'azote est fourni aux plantes sous deux états :

1° A l'état d'acide nitrique;

2° A l'état d'ammoniaque.

Voyons d'abord les sommes d'azote nitrique :

L'*azotate* ou *nitrate de potasse*, encore appelé *salpêtre*, est un sel blanc, cristallisé, à saveur fraîche, facile à reconnaître à la propriété qu'il possède de fuser sur les charbons ardents, *en produisant une flamme violacée*. Il se forme dans les endroits humides, le long des vieux murs, des bergeries, écuries, etc. Enfin, on le trouve en abondance en Arabie, en Perse, en Egypte.

Il renferme 46,57 de potasse et 53,43 d'acide nitrique, soit environ 18 pour 100 d'azote.

En raison de la quantité relativement faible d'acide nitrique qu'il renferme, ce sel n'est pas souvent employé comme engrais azoté; on lui préfère généralement l'azotate de soude, qui est moins cher et contient beaucoup plus d'azote; toutefois, sur les pommes de terre il donne généralement de bons résultats, lorsqu'on opère dans un sol pauvre en azote *et en potasse*.

Le tabac, qui enlève au sol de fortes quantités de potasse, environ 75 à 100 kilogrammes par hectare, ne supporte pas le chlorure de potassium, engrais potassique le plus généralement employé; aussi est-ce généralement sous forme de nitrate de potasse qu'on donne à cette culture la potasse et l'azote dont elle a besoin.

Des expériences récentes semblent prouver que l'azotate de potasse est plus avantageusement employé sur les betteraves à sucre que l'azotate de soude.

En Angleterre, le nitrate de potasse est assez communément employé sur les légumineuses fourragères.

M. Lecoq (1) considère le nitrate de potasse comme le plus efficace de tous les engrais salins. Il prétend qu'à petites doses il agit avec intensité sur les céréales, le sarrazin et les légumineuses.

Sur les céréales, il n'est guère recommandable que dans les sols pauvres en potasse.

Comme tous les nitrates, le nitrate de potasse doit être employé avec discernement : de 50 à 150 kilogrammes par hectare tout au plus.

On peut produire artificiellement le nitrate de potasse dans les fermes ; toutefois, ce procédé est très rarement employé en raison des manipulations nombreuses qu'il nécessite. Voici néanmoins la manière de procéder : on mêle du fumier avec des terres siliceuses à gros grains, auxquelles on a ajouté de la chaux et des alcalis; avec ce mélange on forme des murs disposés perpendiculairement à la direction des vents dominants du pays. On arrose de temps à autre ces murs avec de l'urine ou du purin additionné d'eau. Bientôt, il se forme des efflorescences de nitre sur la partie du mur exposée à l'action du vent. Le salpêtre ainsi obtenu est recueilli et lessivé, les matières non dissoutes sont replacées sur la face opposée du mur, qui conserve ainsi la même épaisseur; la nitrification se continue ainsi presque indéfiniment.

Le *nitrate de soude* est plus fréquemment employé comme engrais azoté que le précédent.

Encore appelé *nitre cubique*, ce sel est blanc, faiblement déliquescent, à saveur fraîche. On le trouve en abondance au Chili et au Pérou, où il forme un banc d'une épaisseur de 1 mètre environ, sur une étendue de 160 kilomètres, dans les districts d'Atacama et de Tarapaca.

Ce sel est formé de 37,41 de soude et de 62,50 d'acide

(1) Lecoq, *Mémoire sur les engrais salins*.

nitrique ; il renferme de 15 à 17 pour 100 d'azote. Mais on y trouve souvent des impuretés, notamment du sable, du sulfate de soude et du chlorure de sodium.

Dans un échantillon que nous avons eu à analyser, nous avons trouvé :

Nitrate de soude pur....................	95,16
Chlorure de sodium.....................	1,70
Sulfate de soude........................	0,81
Substances insolubles et sable............	0,27
Eau......................................	1,97

Quelques-uns de ces nitrates renferment aussi des iodures et des iodates, qui sont aujourd'hui, selon M. Péligot, une source d'iode importante.

La production annuelle dépasse 100 000 tonneaux ; en admettant ce nombre, les gisements sont tellement abondants, qu'ils peuvent suffire à une période d'exploitation de six cents ans (1). MM. Müntz et Marcano ont fait, dans ces dernières années, d'admirables recherches sur le mode de formation de ces gisements de nitrate de soude. Ils ont montré que la nitrification, qui s'effectue avec une si grande énergie sous les tropiques, a pour cause unique et immédiate la transformation des résidus de la vie sous l'influence d'un organisme microscopique. « Dans les nombreuses localités dans lesquelles nous avons constaté l'accumulation du nitre, disent MM. Müntz et Marcano, nous avons en même temps trouvé la matière organique en décomposition, le phosphate de chaux, témoin d'une origine animale, et le ferment de la nitrification. Le mode de formation du nitre est donc, sous les tropiques, à l'intensité près, ce qu'il est dans les pays tempérés, c'est-à-dire qu'il est produit aux dépens de l'azote de la matière organique, oxydée par l'intervention d'un organisme microsco-

(1) E. Péligot, *Traité de chimie analytique appliquée à l'agriculture.*

pique. Nous ne croyons pas qu'il y ait lieu de chercher une autre origine à l'acide nitrique que renferment ces gisements. Nous avons, d'ailleurs, vu comment d'énormes quantités de nitrate de chaux peuvent se produire et s'accumuler dans le sol par l'oxydation de déjections ou de débris animaux.

« Dans le voisinage des gisements de nitrate de soude de Tarapaca, on a rencontré des dépôts de résidus de la vie animale semblables à ceux que nous avons décrits en parlant de la formation des terres nitrées.

« Ce qui différencie ces deux natures de gisements, c'est la base qui se trouve unie à l'acide nitrique ; dans le premier cas, c'est exclusivement la chaux ; dans le second, c'est exclusivement la soude, et il s'y trouve en plus de grandes quantités de chlorure de sodium.

« Comment ce nitrate de chaux, primitivement formé, a-t-il pu se transformer en nitrate de soude ? Nous trouvons la réponse à cette question dans la présence du chlorure de sodium mélangé au nitrate de soude et aussi en partie dans l'existence de petites quantités d'iodure. L'élément marin est intervenu à un moment donné ; le sel marin, en agissant sur le nitrate de chaux, a opéré une double décomposition qui a donné naissance à un nitrate de soude cristallisé et à du chlorure de calcium déliquescent, qui a été enlevé en raison de sa grande solubilité. De l'iode et du brome sont restés, en même temps qu'un excès de sel marin, comme témoins d'une intervention des eaux de la mer.

« On sait que lorsqu'on mélange des solutions de deux sels dont l'acide et la base sont différents, de telle sorte qu'il y ait quatre éléments en présence, sans qu'il y ait double décomposition apparente caractérisée par la formation d'un précipité, il se forme cependant une double décomposition véritable, qui échappe à un examen superficiel.

« Ainsi, si nous mélangeons des solutions d'azotate de chaux et de chlorure de sodium, il y a échange de base et d'acide dans une certaine proportion, et il existe, en réalité, dans ce mélange, de l'azotate de chaux et du chlorure de sodium, en même temps que du chlorure de calcium et de l'azotate de soude. Il se forme ainsi un équilibre qui reste constant aussi longtemps que les conditions resteront identiques. Mais, lorsque les solutions approchent du degré de saturation et que des variations de température peuvent intervenir, il arrive que l'un ou l'autre des quatre sels en présence vient à cristalliser. En enlevant les eaux-mères, on peut isoler les cristaux, qui peuvent être différents des deux sels mis primitivement en présence, étant le résultat d'une double décomposition. Le même fait peut se produire, lorsque nous évaporons la solution jusqu'au point de concentration auquel elle dépose des cristaux, ou bien encore si nous la soumettons à l'évaporation spontanée.

« Dans la pensée que le chlorure de sodium de l'eau de mer ou celui des eaux-mères des marais salants aurait pu réagir sur l'azotate de chaux provenant de la nitrification des matières oganiques azotées et que des circonstances, dues à l'évaporation ou à des changements de température, auraient pu donner naissance à des cristaux d'azotate de soude, se débarrassant, par une sorte de drainage, du chlorure de calcium correspondant à leur formation, nous avons mis en présence, dans un cristallisoir, des solutions de concentration égale (5 pour 100) de sel marin et de nitrate de chaux. Le liquide a été abandonné à l'évaporation spontanée ; au bout de quelques semaines, des cristaux ont apparu sur les bords du vase ; on a laissé leur formation se continuer plusieurs jours encore, puis on a décanté les eaux-mères et essoré les cristaux.

« L'analyse a montré que la chaux était presque entière-

ment absente de ces cristaux, qui consistaient essentiellement en un mélange de chlorure de sodium et d'azotate de soude. En effet, on y a trouvé, pour 100, 4,73 d'azotate de soude, 2,7 de chaux à l'état d'azotate et de chlorure; le reste était du chlorure de sodium. Ces cristaux se rapprochent donc beaucoup, par les proportions relatives d'azotate de soude et de chlorure de sodium qu'ils renferment, des nitrates bruts qu'on trouve dans les gisements des côtes de l'océan Pacifique. En lavant ces cristaux avec de petites quantités d'eau, on les débarrasse complètement de la chaux qu'ils renferment.

« L'explication d'une action de l'eau de mer ou d'eau de marais salants sur les nitrates de chaux produits par la fermentation nitrique ressort sans difficulté de la réaction que nous venons d'exposer.

« Les faits sont les mêmes, lorsque cette double décomposition s'effectue au sein de la terre ; mais là, sous l'influence de l'humidité atmosphérique et de la pluie, les produits les plus déliquescents, rendus liquides, descendent dans les parties inférieures du sol et sont ainsi enlevés par le drainage. On retrouve, dans les parties supérieures, des amas cristallisés constitués par le sel marin et le nitrate de soude et dont la chaux a été complètement éliminée. On a également fait cette expérience sur des terres nitrées de l'Amérique du Sud, dans lesquelles la nitrification était encore en train de se développer aux dépens de la matière azotée de déjections animales et qui contenaient déjà 30 pour 100 d'azotate de chaux. On a arrosé cette terre, d'un côté, d'eau de mer et, de l'autre, d'eau de mer concentrée jusqu'à formation de cristaux de sel marin, cette dernière devant représenter des eaux-mères de marais salants, et on a constaté que non seulement la nitrification n'était pas arrêtée ni le ferment nitrique tué, mais encore qu'il se produisait, par l'action successive de l'évaporation et

de l'arrosage naturel ou artificiel, des masses cristallines formées toujours de ce mélange de nitrate de soude et de chlorure de sodium que nous rencontrons constamment dans les gisements naturels.

« Le nitrate de soude a donc été formé par une double décomposition entre le nitrate de chaux et le chlorure de sodium (1). »

Ce qui précède n'explique pas pourquoi les gisements de nitrate de soude du Pérou se trouvent réunis en si grande quantité dans des terrains sablonneux ou compacts, dans lesquels les conditions nécessaires à la nitrification ne se trouvent pas réunies. Dans nos études sur la formation des terres nitrées, nous avons montré que, partout où l'on peut saisir en pleine activité cette nitrification énergique qui donne naissance à de grandes masses de nitrate, on trouve, comme dernier témoin d'une origine animale, des quantités considérables de phosphate de chaux, qui montrent que le nitre s'est formé sur place. Si les eaux interviennent, elles dissolvent le nitrate qui se transporte ainsi et peut, par l'évaporation, se concentrer dans d'autres lieux ; le phosphate, étant insoluble, reste dans les endroits qu'il occupait primitivement. On rencontre fréquemment ces gisements de guano phosphaté qui se trouvent dans ces conditions. Ce phénomène du déplacement du nitre est fréquent ; il s'effectue constamment sous nos yeux ; nous le voyons produire les efflorescences qu'on trouve sur les murs. Or, dans les terres qui contiennent des amas de phosphate de soude, on ne trouve pas les quantités considérables de phosphate qui accompagnaient l'azotate lorsque celui-ci se trouvait à l'état de déjections animales ; il faut donc admettre que ce nitrate ne s'est pas formé sur place ; que, dissous par les eaux,

(1) A. Müntz, *Rapports sur les sources de la production de l'azote* (*Bulletin du ministère de l'agriculture*, 6e année, n° 2, 1887).

il a quitté son lieu d'origine et qu'il s'est concentré, par évaporation, dans les terrains qu'il occupe actuellement (1).

Tels sont les résultats auxquels M. Müntz a été conduit à la suite de ses belles recherches sur la formation des gisements de nitrate de soude. L'importance de cet engrais est telle aujourd'hui, qu'il nous a paru utile de les développer ici. Toutefois, on peut résumer, dans les conclusions suivantes, le résultat de ces recherches :

1° Les gisements doivent leur origine à l'azote des matières organiques oxydé sous l'influence du ferment de la nitrification ;

2° L'eau de mer, ou peut-être l'eau-mère de marais salants, a été en contact avec ces matières pendant le cours même de la nitrification ;

3° Le nitrate de soude est produit par une double décomposition entre le nitrate de chaux originairement formé et le sel marin ;

4° Le nitrate ne s'est pas formé dans les terrains qu'il occupe actuellement, il s'y est concentré, après avoir quitté son lieu d'origine.

Le nitrate de soude est d'une excessive solubilité ; aussi ne faut-il l'employer que lorsque les plantes sont déjà assez développées pour pouvoir s'en emparer de suite ; autrement, il serait entraîné par les eaux. On l'emploie communément au printemps ; il faut le répandre avec parcimonie, car *à haute dose* il fait verser les céréales si on dépasse une certaine dose ; de même, il pousse en fanes les pommes de terre, fait mal grainer les colzas, ôte à la betterave sa richesse en sucre, fait bifurquer les carottes qu'il rend coriaces, donne au lin une fibre grossière et développe en bois la vigne aux dépens du fruit.

D'une manière générale, 50 à 200 kilogrammes par

(1) A. Müntz, *op. cit.*

hectare suffisent ; encore faut-il que le sol sur lequel on l'applique soit bien pourvu en acide phosphorique et en potasse.

Dans l'emploi du nitrate de soude, il faut encore faire intervenir la nature physique du sol sur lequel on opère. Sur les sols siliceux et moyens, il donne de bons résultats, mais son action est, en général, plus faible sur les terres calcaires ; sur les sols marneux, il agit plus rapidement ; aussi est-ce là surtout qu'il faut l'employer à dose modérée.

Cet engrais, d'abord par sa nature chimique, ensuite par les faibles quantités qu'on doit en répandre, doit toujours être associé, avant d'être semé, à des matières organiques, car, lorsque celles-ci se putréfient en présence de l'azotate de soude, l'acide nitrique se trouve réduit et se transforme en ammoniaque. La tourbe et les tourteaux en poudre conviennent parfaitement dans ce but. Le nitrate de soude est, en somme, une matière fertilisante très puissante, parfois même dangereuse ; aussi est-il préférable de le considérer comme *stimulant* plutôt que comme engrais azoté ; rien ne vaut le nitrate pour donner un *coup de fouet* à la végétation, pour remettre en état une culture languissante. Il a encore une autre qualité précieuse, c'est qu'il entretient, dans une certaine mesure, la fraîcheur du sol et convient par cela même dans les années de sécheresse sur les terres légères, calcaires ou sablonneuses.

En raison même de sa rapidité d'action, cet engrais met en œuvre toutes les matières fertilisantes ; c'est pourquoi les cultivateurs l'ont souvent accusé d'appauvrir ou d'user leurs terres. Au point de vue scientifique, fait remarquer M. le docteur Paul Wagner, on réfute cette opinion, en disant que, si le nitrate de soude, outre son effet principal, dissout les phosphates difficilement solubles du sol et les rend plus facilement accessibles aux plantes, cette action

est très profitable, car les agents *libres* contenus dans le sol ont seuls une valeur agricole ; qu'une récolte plus abondante retire du sol non seulement plus d'azote, mais encore plus d'acide phosphorique qu'une récolte moindre ; que, par conséquent, un terrain fumé avec beaucoup d'azote demande aussi un fort contingent d'acide phosphorique (1).

Il résulte, en outre, d'expériences nombreuses, dues à l'auteur précité, que le nitrate de soude, associé à la potasse, permet aux plantes de s'assimiler un acide phosphorique, qui autrement serait perdu. Cette absorption, toutefois, et ceci est d'une grande importance pour la pratique du fumage, *ne se fait que lorsque le sol n'a pas reçu d'acide phosphorique*, c'est-à-dire lorsqu'il n'est pas en état de fournir à la plante l'acide phosphorique nécessaire, à l'époque de son développement où elle peut en profiter le plus. En résumé : un terrain *riche en acide phosphorique*, fumé au nitrate de soude, donne, dès le début, à la plante tout l'acide phosphorique nécessaire, tandis qu'un terrain *pauvre en acide phosphorique*, fumé au nitrate de soude, ne cède son acide phosphorique à la plante que dans un moment où celle-ci est déjà trop avancée pour pouvoir s'en servir utilement.

De là, le fait, en apparence paradoxal, que l'acide phosphorique d'un terrain *riche* et bien fumé est plus profitable à la plante que celui qu'elle retire d'un terrain pauvre, et que ce n'est que dans les terrains pauvres que l'engrais au nitrate de soude use le sol, lorsqu'il n'a pas été fumé à l'acide phosphorique et n'en contient que fort peu. Dans la pratique, il faut donc avoir grand soin d'assurer la *présence d'acide phosphorique conjointement* au nitrate de soude et aux sels potassiques, pour éviter une

(1) Paul Wagner, *la Question des engrais, d'après des expériences récentes*, 1886.

assimilation tardive d'acide phosphorique et pour donner à l'excès d'absorption d'acide phosphorique, par l'effet du nitrate de soude, son maximum d'activité.

En suivant cette règle, on n'a pas à craindre d'appauvrir le sol par l'emploi du nitrate de soude (1).

Très hygrométrique, le nitrate de soude est d'une conservation difficile en magasin, parce que, sous l'influence de la température ordinaire, il se dissout facilement et donne lieu à une perte notable (2).

Nous avons vu que les engrais chimiques pouvaient fournir l'azote aux plantes sous deux formes : acide nitrique et ammoniaque. Voyons maintenant les engrais ammoniacaux.

Tout d'abord nous devons faire remarquer que les engrais ammoniacaux ne sont pas absorbés en nature par les plantes ; ils sont transformés dans le sol et se métamorphosent en nitrates ; cette action est plus ou moins rapide, selon le milieu dans lequel elle s'effectue et selon les conditions de température ; elle est due à un ferment dont l'existence nous a été révélée par MM. Schlœgel et Müntz, et que toutes les terres arables renferment (3). Donc il va de soi que les engrais ammoniacaux agissent moins rapidement que les nitrates ; le carbonate d'ammoniaque fait exception, il peut être absorbé par les radicelles.

Dans l'emploi de ces engrais, l'état d'humidité du sol a aussi une grande importance, comme le prouve l'expérience suivante : Lorsqu'on fait un mélange de chlorhydrate d'ammoniaque et de carbonate de chaux, tant que le mélange est sec, il n'y a aucune action ; mais, lorsqu'on y

(1) Dr P. Wagner, *op. cit.*

(2) Franc, *les Engrais industriels*. 1 broch., 1887, p. 27.

(3) E. Fagot et F. Fiévet, *Guide élémentaire pour l'emploi des engrais chimiques*. 1 broch., 1887, p. 39.

ajoute du sable humide, il se dégage du carbonate d'ammoniaque (1). Dans tous les cas, il y a nécessité, comme le recommande M. Menault, d'alterner l'emploi des sels ammoniacaux avec des engrais riches en potasse, en chaux (2), en magnésie, en silice, en phosphates, afin de rendre au sol toutes les matières salines qu'il a cédées aux récoltes et que les sels ammoniacaux ne peuvent pas fournir, en raison de la simplicité de leur composition. Seuls, ils ne peuvent donc pas satisfaire aux conditions d'une fertilité incessante et durable, et c'est pour ne pas avoir bien compris le véritable rôle de ces sels que plusieurs expérimentateurs ont essuyé des mécomptes en les employant (3).

Les principaux engrais ammoniacaux sont :

Le chlorhydrate d'ammoniaque;

Les eaux ammoniacales des usines à gaz ;

Le sulfate d'ammoniaque.

Le *chlorhydrate d'ammoniaque* ou sel ammoniac est très rarement employé comme engrais, à cause de son prix excessif; nous le passerons donc sous silence.

Les eaux ammoniacales des usines à gaz contiennent de 2 à 4 grammes d'ammoniaque par litre (4), et il convient de ne les employer qu'après les avoir préalablement amenées, par une addition d'eau convenable, à ne pas contenir plus d'un quart de gramme d'ammoniaque par litre.

A défaut de cette précaution, on risque de brûler les plantes.

C'est en irrigation que ces eaux sont employées; leur

(1) A. Larbalétrier, *les Engrais chimiques et les Matières fertilisantes d'origine minérale*. 1 broch., 36 pages.

(2) Pour la chaux, il y a une restriction à faire, comme il est dit un peu plus loin au sujet de l'emploi du sulfate d'ammoniaque.

(3) E. Menault, *les Engrais, manuel à l'usage des cultivateurs*.

(4) Is. Pierre, *Chimie agricole*, t. II, *les Engrais*, p. 266.

emploi est économique et avantageux. Ainsi, d'après M. Girardin, 5 400 litres d'eau ammoniacale, employés sur prairie naturelle, font produire 6 300 kilogrammes de foin, tandis qu'on n'en obtient que 4 000 sans son emploi. Or, ce supplément de récolte de 2 300 kilogrammes est obtenu pour la somme modique de 1 franc.

Le *sulfate d'ammoniaque* est l'engrais ammoniacal le plus communément employé; lorsqu'il est de bonne qualité, ce sel renferme environ 24 pour 100 d'ammoniaque. En tous cas, la richesse en azote des sulfates ammoniacaux honnêtement fabriqués, ne descend pas, d'après M. Joulie (1), au-dessous de 20 pour 100. Ceci prouve, tout d'abord, que ce sel est parfois falsifié ; en effet, souvent on y ajoute du sulfate de soude qui est moins cher, du sable, du chlorure de sodium, etc. M. Petermann a eu l'occasion d'analyser plusieurs échantillons qui renfermaient des quantités notables d'acide sulfurique libre, adhérent aux cristaux de sulfate d'ammoniaque. C'est ainsi, dit-il (2), que nous avons reçu un échantillon offrant la composition suivante :

Sulfate d'ammoniaque...........	80,90 p. 100 (*)
Acide sulfurique libre...........	15,83
Eau et sable....................	3,27
	100,00

(*) Azote ammoniacal...... 17,16 p. 100.

L'emploi de pareils produits au moment du semis ou, plus tard, en couverture, présente naturellement le plus grand danger, à cause de leurs propriétés corrosives.

Nous profitons de cette occasion pour appeler l'attention des cultivateurs sur le sulfate d'ammoniaque d'origine

(1) Joulie, *Guide pour l'achat et l'emploi des engrais chimiques.*

(2) A. Petermann, *Bulletin de la station agricole expérimentale de l'État à Gembloux*, n° 13, février 1876.

anglaise ; il se présente quelquefois sous une couleur brun rougeâtre produite par la présence d'une matière (sulfocyanure d'ammonium, rhodanammonium) qui est un véritable toxique pour les végétaux, et dont la présence dans le sulfate d'ammoniaque a déjà produit la destruction de récoltes entières, même lorsque ce dernier n'était employé qu'à des doses très faibles. Les cultivateurs et les fabricants d'engrais devraient s'abstenir complètement d'employer du sulfate d'ammoniaque présentant une pareille couleur, tant qu'ils n'ont pas acquis, par l'analyse, la certitude que cette teinte est due à une autre cause (1).

Voyons maintenant l'origine de ce sel. On l'obtient par le traitement des eaux décantées provenant des vidanges et surtout de celles qu'on recueille dans la distillation de la houille dans les usines à gaz pour l'éclairage. L'extraction se fait en recevant dans l'acide sulfurique l'ammoniaque ou le carbonate d'ammoniaque qui se dégage pendant la distillation ; généralement on ajoute un peu de chaux avant de distiller ces eaux, on augmente ainsi la quantité d'ammoniaque qui se dégage, parce qu'on détermine la décomposition du sulfhydrate et du chlorhydrate d'ammoniaque qu'elles renfermaient.

Un autre procédé d'extraction consiste à traiter par le plâtre les eaux chargées de carbonate d'ammoniaque ; on obtient alors du sulfate d'ammoniaque qui reste en dissolution et du carbonate de chaux insoluble, en vertu de cette réaction :

$$\underbrace{CO^2AzH^3.HO}_{\text{Carbonate d'ammoniaque.}} + \underbrace{SO^3CaO}_{\text{Plâtre ou sulfate de chaux.}} = \underbrace{SO^3AzH^3HO}_{\text{Sulfate d'ammoniaque.}} + \underbrace{CO^2CaO}_{\text{Carbonate de chaux.}}$$

Le liquide contenant la dissolution de sulfate d'ammo-

(1) Petermann, *Précautions à prendre dans l'emploi du sulfate d'ammoniaque*, loc. cit.

niaque est concentré et laisse déposer des cristaux de ce sel, qui sont colorés par des matières organiques, dont on le débarrasse.

D'après M. Schattenmann, qui a, l'un des premiers, appelé l'attention sur l'emploi du sulfate d'ammoniaque en agriculture, cet engrais, à la dose de 100 kilogrammes par hectare, donne d'excellents résultats sur les terres moyennes ; pour les sols fertiles, la moitié peut suffire. A dose plus forte, la végétation est trop rapide, surtout dans les années humides.

Il convient de répandre ce sel en poudre impalpable et par un temps sec.

Le sulfate d'ammoniaque est efflorescent, c'est-à-dire qu'il présente la remarquable propriété de remonter à la surface du sol, au lieu de se laisser entraîner, comme le nitrate, par les eaux pluviales.

Le sulfate d'ammoniaque, font observer MM. Fagot et Fiévet (1), est soluble dans deux fois son poids d'eau froide ; abandonné à l'air libre, en vertu de son efflorescence, il perd son eau et a une tendance à se reformer sous forme de poussière, dans les couches très voisines de la surface du sol. Pour cette raison, l'on a admis que l'on devait employer cet engrais pour les céréales à racines peu profondes, et que l'on devait lui préférer le nitrate de soude pour les racines pivotantes, comme la betterave, par exemple.

Le sulfate d'ammoniaque réussit généralement bien sur l'avoine, l'orge et le blé, surtout lorsqu'il est associé à l'acide phosphorique. On le répand, à l'automne, à la dose de 50 à 125 kilogrammes par hectare. Ainsi employé en automne, les pluies hivernales suffisent pour répartir ce sel dans la couche arable. Mais au printemps, il n'en est pas ainsi ; il n'y a plus, à cette heure, de grandes pluies à

(1) Fagot et Fiévet, *loc. cit.*

redouter, tandis qu'une sécheresse prolongée nuirait considérablement à l'efficacité du sulfate d'ammoniaque.

Il est essentiel de ne jamais mélanger le sulfate d'ammoniaque avec de la chaux, ni de le répandre sur un sol fraîchement chaulé ou de nature très calcaire, car la chaux déplacerait l'ammoniaque, qui est plus volatil, on aurait cette réaction :

$$\underbrace{SO^3AzH^3}_{\text{Sulfate d'ammoniaque}} + \underbrace{CaO}_{\text{Chaux.}} = \underbrace{SO^3CaO}_{\text{Sulfate de chaux.}} + \underbrace{AzH^3}_{\text{Gaz ammoniac.}}$$

Le sulfate d'ammoniaque, qui il y a quelques années valait encore 50 francs les 100 kilogrammes, est descendu aujourd'hui à 28 ou 30 francs, ce qui fait ressortir le kilogramme d'azote à 1 fr. 50 environ ; aussi son emploi commence-t-il à se généraliser.

A vrai dire, il constitue l'*engrais azoté* par excellence. Toutefois, comme l'azote organique, aussi bien que l'azote ammoniacal, se nitrifie dans le sol, ainsi qu'il a été dit plus haut, et que l'azote nitrique se dissout très facilement dans l'eau et peut être entraîné par elle en pure perte pour la plante, soit dans les eaux de drainage, soit dans le sous-sol à une très grande profondeur, il convient de n'employer les engrais azotés, autant que possible, qu'au fur et à mesure des besoins de la végétation.

II. La question de l'*acide phosphorique* en agriculture est de première importance. C'est la substance dont l'exportation est la plus habituelle, celle qu'il importe par conséquent d'importer du dehors, et cela au plus bas prix possible. Surtout dans une ferme où la culture dominante est le blé, cette considération doit être le principal souci de l'agriculteur ; en effet, l'acide phosphorique se localise surtout et presque exclusivement dans les graines mûres (voir le tableau) où il est en compagnie de la magnésie. Or, les graines étant vendues au dehors, on exporte ainsi

l'acide phosphorique que le fumier restitue généralement en trop faibles proportions, à moins qu'on achète de *fortes quantités* d'aliments concentrés riches en acide phosphorique pour la nourriture du bétail. D'ailleurs, nous l'avons déjà vu dans les lignes qui précèdent, lorsqu'on applique des engrais azotés sur un sol, il faut leur adjoindre des

ACIDE PHOSPHORIQUE CONTENU DANS LES GRAINES (CENDRES) (1).

Tableau XXXI.

GRAINES QUI ONT FOURNI les cendres.	ACIDE PHOSPHORIQUE renfermé dans les cendres (en centièmes).	NOMS des OBSERVATEURS.
Maïs	50,1	Letellier.
Froment	47,0	Boussingault.
Colza	46,0	Rammelsberg.
Pois	40,6	*Id.*
Pois	30,1	Boussingault.
Lin	40,1	Leuchl-Weiss.
Orge	38,5	Kœchlin.
Fèves	37,9	Bichon.
Fèves	34,2	Boussingault.
Pavot	37,8	Sachs.
Moutarde noire	35,5	Leuchl-Weiss.
Trèfle noir	33,9	Boussingault.
Haricots	26,8	*Id.*
Millet	18,2	Poleck.
Avoine	14,9	Boussingault.
Betteraves	11,9	

engrais phosphatés, ceci est hors de doute. Mais sous quelle forme faut-il opérer cette restitution de l'acide phosphorique? Nous touchons là, nous le répétons, à la pierre d'achoppement de l'agriculture rationnelle; la question mérite d'être étudiée avec quelques développements.

Nous avons déjà vu que l'acide phosphorique était le

(1) Bobierre, *Leçons de chimie agricole*.

principe actif du noir animal provenant de la calcination des os. Mais il est rigoureusement constaté que la nature végétale tout entière est pénétrée de cette substance. C'est de là que les animaux et l'homme tirent l'acide phosphorique qui entre dans la composition de leurs organes (1).

Il est incontestable que les terres qui jouissaient autrefois d'une grande fertilité, ont vu celle-ci disparaître par suite du manque de phosphate. Sir Humphry Davy, l'illustre chimiste anglais, n'hésite pas à attribuer la stérilité de quelques-unes des parties de l'Afrique septentrionale, de l'Asie Mineure et de la Sicile, qui furent si longtemps les greniers de Rome, à l'épuisement du phosphate par suite d'une longue exportation de blé de ces contrées, sans restitution convenable de ce principe indispensable à la bonne venue du froment (2).

M. de Gasparin a calculé que sur une propriété qu'il possède en Provence, il a été enlevé, en trente-cinq ans, par la culture, 700 kilogrammes d'acide phosphorique à l'hectare. Le terrain, au moment où on en a fait l'analyse, n'a donné que 0,064 d'acide phosphorique. Si l'on suppose 400 kilogrammes comme poids d'un mètre cube de terre en culture, on a 2 500 kilogrammes d'acide phosphorique à l'hectare.

La richesse de ce terrain était donc, il y a trente-cinq ans, de 3 200 kilogrammes d'acide phosphorique à l'hectare, et, au bout de cinquante ans, en admettant que les récoltes successives produisent le même écart, cette richesse ne sera plus que de 1 500 kilogrammes. Dans ces conditions, ajoute M. Bobierre, qui cite ce fait, « les prés ne tarderaient pas à dépérir ».

Ce serait une erreur de croire que l'addition du phosphate au sol a tout simplement pour but d'enrichir les

(1) Élie de Beaumont, *Étude sur l'utilité agricole et sur les gisements géologiques du phosphore*, 1857.

(2) Bobierre, ouvr. cité.

plantes en acide phosphorique, fait remarquer M. Desailly; nous avons vu que les matières azotées ne peuvent fonctionner sans le concours du phosphate. M. Mayer (1) a fait, à ce sujet, des expériences concluantes. Il a analysé des échantillons d'orge, d'avoine, de froment, et il a constaté, une fois de plus, qu'il existe une corrélation remarquable entre les matières albuminoïdes et l'acide phosphorique que renferment les graines. A une augmentation en acide phosphorique correspond une augmentation en matières albuminoïdes. On peut donc admettre que la formation albuminoïde dans les graines est subordonnée à l'existence des phosphates. Par l'emploi de ces derniers, on obtiendra donc un grain non seulement plus riche en phosphate, mais encore plus riche en gluten et l'on sait qu'une farine est d'autant plus estimée qu'est plus élevée sa teneur en gluten. De plus, le grain que l'on obtient est plus lourd et donne une farine plus blanche. Ce fait a été observé maintes fois (2).

C'est l'acide phosphorique qui, en général, se trouve en plus petite quantité dans la plupart des terrains, et c'est cependant la substance la plus utile, la seule, pour ainsi dire, indispensable à la vie des végétaux et de tous les êtres vivants.

Les plantes peuvent, à la rigueur, végéter dans des terrains pauvres en azote et en potasse, mais elles meurent si on les prive de phosphore.

Le phosphore, en effet, c'est la force, la grenaison, la reproduction. Il donne au blé, l'épi lourd ; à la betterave, le sucre; à la pomme de terre, la fécule; à la vigne, le raisin (3). Il est donc de toute importance d'en fournir soit

(1) Mayer, *Annalen der Chimie und Pharmacie*, février 1857.

(2) Paul Desailly, *Du rôle de l'acide phosphorique dans la végétation et de l'emploi des phosphates de chaux fossiles*. Paris, 1885.

(3) Bruno-Gambini, *Manuel des engrais chimiques*. Genève, 1882.

au fumier de ferme, soit au sol, et pour cela de rechercher qu'elle est la combinaison du phosphore que les végétaux s'assimilent le plus facilement.

On sait que l'acide phosphorique peut se présenter sous quatre états différents :

L'acide phosphorique anhydre ou anhydride phosphorique, qu'on ne produit que dans les laboratoires, il est très déliquescent et sa combinaison avec l'eau se fait avec un sifflement caractéristique en produisant une grande élévation de température. Or, de cette hydration trois acides phosphoriques peuvent résulter :

L'acide phosphorique ordinaire, qui renferme trois équivalents d'eau ; en se combinant avec les bases, chaux ou autre, il forme les phosphates tribasiques, sensiblement insolubles dans l'eau ;

L'acide phosphorique bihydraté ou acide pyrophosphorique qui forme avec les bases les phosphates bibasiques qui, eux aussi, sont presque insolubles dans l'eau, mais solubles dans les acides les plus faibles ;

Enfin, l'acide phosphorique monohydraté ou métaphosphorique qui, avec les bases, donne les phosphates monobasiques qui se dissolvent lentement, mais en grande quantité dans l'eau.

Comme on le voit, il n'est pas indifférent d'employer l'un ou l'autre de ces trois acides.

On peut donner l'acide phosphorique aux plantes sous quatre formes principales : 1° phosphate d'ammoniaque ; 2° phosphate de potasse ; 3° phosphate de soude ; 4° phosphate de chaux.

Le *phosphate d'ammoniaque* donne de bons résultats, mais son prix est très élevé ; aussi n'est-il pas employé comme engrais.

Le *phosphate de potasse* et le *phosphate de soude* ont aussi donné d'excellents résultats dans les expériences

tentées jusqu'ici sur une petite échelle, mais, comme le précédent, ils ont le tort d'être trop chers.

Le *phosphate de chaux* est l'engrais phosphaté par excellence; il est communément employé à l'exclusion des trois autres. C'est, d'ailleurs, sous cette forme qu'on trouve l'acide phosphorique dans les os. A ce sujet, M. Élie de Beaumont s'exprime ainsi : « On peut estimer, peut-être, à environ un milliard le nombre des hommes qui, depuis les Celtes jusqu'à nous, sont nés et ont grandi sur le territoire de la France. Tout l'acide phosphorique contenu dans leurs os et dans leurs chairs provenait de notre sol, et, soit qu'ils aient émigré, soit qu'ils soient morts en France et qu'ils aient été brûlés ou enterrés, tout cet acide phosphorique a été soustrait aux emplois agricoles. Ce milliard d'individus, dont le sol de la France a fourni l'acide phosphorique, en ont emporté, en mourant, une quantité correspondant à *deux milliards de kilogrammes ou deux millions de tonnes de phosphate de chaux*.

Deux millions de tonnes de phosphate de chaux *pur* correspondent à 5 167 000 tonnes de nodules de phosphate de chaux terreux, contenant 38.7 de phosphate pur comme ceux des environs de Lille.

On voit par là qu'il faudrait exploiter de vastes et nombreuses carrières de chaux phosphatée terreuse pour rendre au sol de la France l'acide phosphorique dont le respect des sépultures l'a privé.

Et, selon toute apparence, le phosphate de chaux renfermé dans les sépultures n'est qu'une fraction *peu considérable* de la quantité que la France a perdue.

Nous avons vu que l'acide phosphorique était susceptible de se combiner aux bases en trois proportions ; aussi existe-t-il du phosphate de chaux tribasique, bibasique et monobasique.

Les phosphates de chaux naturels se rencontrent sous

divers états dans la nature : à l'état d'*apatite*, de *phosphorite*, de *coprolithes* ou *nodules* et de *sables phosphatés*.

A ces quatre sources de phosphate de chaux il faut ajouter les phosphates industriels, tels que : les *superphosphates*, les *phosphates précipités* et les *scories* de déphosphoration de l'acier. Nous laissons en dehors les *os en poudre, noir animal*, etc., engrais organiques précédemment étudiés.

L'*apatite* est un minéral formé de phosphate de chaux tribasique uni à de la silice, de la potasse, de la soude en faibles proportions. Elle est très dure, souvent cristallisée dans le système du prisme hexagonal ; on la trouve dans les formations anciennes, roches éruptives, cristallines, etc., de l'Amérique (Baltimore), au Groënland, en Norvège (Krageroë), en Suède, Saxe, Bavière, Tyrol, et surtout en Espagne. Le gisement le plus célèbre de cette contrée est celui de Logrosan, dans l'Estramadure ; il s'étend, avec une épaisseur moyenne de 3 mètres, sur une superficie d'environ 50 kilomètres carrés. Sa couleur varie du vert clair au rouge brun.

Les apatites renferment de 80 à 85 pour 100 de phosphate de chaux. Voici, d'après Vœlcker, l'analyse d'une apatite de Norvège :

Chaux	50,62	Phosphate de chaux tribasique = 89,37
Acide phosphorique	41,25	
Oxyde de fer	0,29	
Alumine	0,38	
Potasse	6,04	
Soude	0,13	
Chlorure de calcium	6,41	
Matière siliceuse insoluble	0,82	
Eau combinée	0,23	
Humidité	0,19	

Les *phosphorites* se présentent sous forme de masses amorphes, concrétionnées, en zones alternantes ou en ro-

gnons qu'on rencontre dans un certain nombre de localités ; nos départements du Lot, du Lot-et-Garonne, de Tarn-et-Garonne en fournissent à l'agriculture de grandes quantités ; leur emploi ne remonte qu'à l'année 1856. On doit à M. de Molon de très importantes explorations ayant pour objet de faire connaître les nombreux gisements de phosphates calcaires que recèle notre sol (1).

La richesse de ces produits est très variable : la chaux phosphatée de Caylux renferme de 71 à 83 pour 100 de phosphate tribasique ; les phosphorites du midi, de 40 à 70 pour 100 ; ceux de Nassau, 60 à 62.

Les phosphorites de Norvège constituent, d'après M. Petermann, le minerai phosphaté le plus riche qui soit à la disposition de l'agriculture. Sa composition, d'après cet auteur (2), est presque identique à celle de l'apatite pure. Voici l'analyse d'un de ces minéraux :

Eau	0,10
Acide phosphorique	39,43
Chaux	51,74
Oxyde de fer et alumine	1,20
Silice	3,88
Fluor, chlore, magnésie, traces d'acide sulfurique et d'acide carbonique	3,65
	100,00

Soit 86,08 de phosphate de chaux tribasique.

Les *nodules*, qu'on trouve à divers étages de la série géologique, notamment dans le *Lias*, sont des débris osseux, devenus informes, d'animaux antédiluviens, d'excréments pétrifiés, etc. ; de là le nom de *coprolithes* qu'on leur donne encore quelquefois. Ces nodules phosphatés renferment, suivant leur provenance, de 30 à 70 pour 100

(1) E. Péligot, *Traité de chimie analytique appliquée à l'agriculture*.

(2) A. Petermann, *Recherches de chimie et de physiologie*.

de phosphate de chaux tribasique. Ce sont des rognons irréguliers, quelquefois blanchâtres et le plus souvent jaunâtres ou verdâtres ; à cassure mouchetée de gris, avec quelques veines noirâtres, très tendres et, par conséquent, très faciles à pulvériser pour la fabrication des superphosphates.

On trouve ces nodules près de Semur, dans la Haute-Marne, dans les Vosges, les Ardennes, la Meuse, etc.

Sur les plateaux des environs de Semur, fait remarquer M. E. Risler, l'extraction de ces phosphates est très facile et peu coûteuse. Le lit de nodules, qui a souvent l'apparence d'un vieil empierrement de route entamé par la pioche des ouvriers, se trouve à une profondeur qui ne dépasse jamais 2 mètres et qui est, en moyenne, de $1^m,50$. Quelquefois même le dépôt est assez superficiel pour être retourné par la charrue (1).

On trouve des nodules semblables dans l'étage du Gault, en Angleterre. En outre, le terrain crétacé renferme deux autres étages de rognons ; l'un à la limite du grès vert supérieur, à la base des marnes de la craie, et l'autre à la partie inférieure de la craie blanche.

Ces nodules forment une vaste chaîne dans les grès verts partant des Ardennes et venant aboutir dans la basse Normandie. Ils décrivent, autour du bassin parisien, un arc de cercle qui traverse la Meuse, l'Aube, l'Yonne, le Cher, le Loir-et-Cher, l'Indre, la Vienne, l'Indre-et-Loire, le Maine-et-Loire, la Sarthe et le Calvados (2).

Les grès verts du Pas-de-Calais sont la continuation des grès verts du terrain crétacé sud-est de l'Angleterre.

La superficie occupée par les affleurements des sables verts est de 53 000 hectares pour les Ardennes et la Meuse,

(1) E. Risler, *Géologie agricole*, t. I, p. 254.
(2) P. Desailly, ouvr. cit.

contenant, d'après les calculs de M. Nivoit (1), ingénieur en chef des mines, professeur de géologie à l'Ecole des ponts et chaussées, 71 550 000 tonnes de phosphate.

Leur extraction se fait sans difficulté dans de petites fosses de quelques mètres de profondeur, que l'on comble, au fur et à mesure de l'extraction, avec les matériaux provenant des fosses nouvelles.

Les nodules extraits sont lavés dans un courant d'eau, où les ouvriers les agitent avec des râteaux particuliers. Enfin, des moulins les réduisent en poudre convenable pour les usages agricoles (2).

Certains gisements se présentent sous forme de carrières de moellons ; les nodules sont alors encaissés dans une sorte de roche et réunis entre eux par un ciment calcaire (3). Dans ce cas, on extrait des agglomérations qui contiennent quelquefois des centaines de nodules et pèsent jusqu'à 20 kilogrammes. Ce phénomène se présente surtout sur le territoire des communes de Froidos, Rarecourt et Clermont en Argonne.

Les nodules des Ardennes commencent à s'épuiser ; ceux du Pas-de-Calais, découverts en 1877 à Pernes, en Artois, s'étendent sur une superficie d'environ 200 hectares, avec une épaisseur moyenne de 50 centimètres environ.

Ces phosphates de Pernes ont acquis une certaine renommée dans ces derniers temps, car ils ne sont ni durs ni porcelainés comme ceux du Gault ; exposés un certain temps à l'air, ils se délitent et s'écrasent très facilement sous la moindre pression ; ces nodules sont encastrés dans une gangue de sable vert très homogène.

Il est à remarquer que les phosphates de Pernes ren-

(1) Nivoit, *l'Industrie dans les Ardennes.*

(2) David Page, trad. Stanislas Meunier, *Géologie technologique.*

(3) Bobierre, *Leçons de chimie agricole.*

ferment en outre de la potasse, qui, évidemment, joue un rôle actif dans leur désagrégation spontanée ; ils renferment en outre des matières organiques azotées, qui aident également à cette sorte de décomposition, précieuse pour l'assimilation de l'acide phosphorique par les végétaux.

Voici, d'ailleurs, l'analyse complète de ces phosphates :

Acide phosphorique	20,97
— carbonique	6,40
— sulfurique	1,20
Chaux	44,46
Oxyde de fer	1,60
Albumine	2,12
Silice	10,50
Magnésie	0,50
Potasse	4,47
Matières organiques azotées	3,12
Eau	0,59
Pertes, etc	4,07
	100,00

Les phosphates, avant d'être livrés à l'agriculture, sont passés au séchoir, puis au concasseur, enfin ils sont réduits en poudre impalpable. C'est sous cet état, c'est-à-dire dans un état d'assimilabilité remarquable, que la Société des phosphates de France les livre au commerce.

M. Dehérain fait remarquer (1) que la quantité d'acide phosphorique qui se trouve dans les nodules varie beaucoup suivant les gisements, mais paraît être constante pour une même localité. Il est très difficile, pour ne pas dire impossible, de reconnaître *a priori* la richesse des nodules; il m'a semblé, toutefois, qu'en général les nodules noirs à l'intérieur étaient plus riches que ceux dont la cassure était plus claire.

Voici, d'après M. Dehérain, une analyse de nodules des Ardennes :

(1) P.-P. Dehérain, *Cours de chimie agricole.*

Silice et argile	26,4
Acide phosphorique	21,3
Chaux	30,8
Magnésie	1,7
Oxyde de fer	10,0
Eau	1,0
Acide carbonique et perte	5,8

Enfin, tout récemment (juin et juillet 1886), on a découvert, dans la Somme et le Pas-de-Calais, des gisements de sables blancs, qui étaient employés pour la fabrication des briques, et qui renferment de 70 à 80 pour 100 de phosphate de chaux. Ces sables sont déposés dans des cavités de la craie grise (1) qui ont la forme de cônes plus ou moins allongés, dont l'axe est vertical et le sommet en bas.

Dans les zones riches, les vides coniques sont presque complètement remplis par les dépôts phosphatés qui s'épanchent par-dessus les bords et forment une couche continue qui recouvre tous les pointements et toutes les sinuosités de la roche encaissante.

Dans les parties pauvres, les sables forment un enduit qui recouvre la craie sur une épaisseur de 30 à 40 centimètres, ce qui n'existe souvent que dans la partie inférieure de la cavité conique. On n'a plus alors qu'une série de petits amas isolés les uns des autres en forme de poches.

Souvent les dépôts de sable alternent avec des lits d'argile noire, riche en matières organiques.

On voit qu'il n'y a rien de plus irrégulier que l'allure de ce gisement, fait remarquer M. L.-E. Piot, ingénieur civil des mines (2) ; en certains points, il est près de la sur-

(1) Cette craie grise est caractérisée par la *belemnitella quadrata* et une grande quantité de *dents de squale*. Elle appartient à l'étage *danien* de la craie de Ciply et de Maëstricht.

(2) *Le Moniteur des syndicats agricoles*, 1er février 1887 : *les Gisements de phosphate de chaux de Beauval.*

face et, en d'autres, à quelques mètres de distance, il est recouvert d'une épaisseur de 6 à 8 mètres de terrain stérile.

Ces sables phosphatés conviennent éminemment à la fabrication des *superphosphates riches* et sont appelés à remplacer pour ces produits les phosphates en roche employés jusqu'aujourd'hui. M. St. Meunier admet que ces dépôts proviennent de craies phosphatées, dont le carbonate de chaux aurait été dissous et entraîné par des eaux chargées d'acide carbonique.

M. Pagnoul, directeur de la station agronomique d'Arras, a analysé plusieurs de ces sables. Voici le résultat d'une de ces analyses (1):

Acide phosphorique	35,30
Chaux	41,72
Peroxyde de fer	2,50
Alumine	0,85
Magnésie	0,19
Acide carbonique	1,60
Matières organiques	5,00
Divers	2,99
Résidu siliceux	9,85
	100,00

En 1887, M. le ministre des travaux publics a adressé, aux ingénieurs des mines, une circulaire leur demandant de fournir des renseignements très détaillés sur les gisements de phosphates de chaux, dont l'importance agricole est notoire.

Le résultat de cette enquête a été publié dans le *Journal officiel* en une série de tableaux du plus grand intérêt.

Aujourd'hui, vingt-deux départements fournissent des phosphates, soit une étendue de 29 628 hectares, la quantité présumée de phosphates existant dans ces gisements,

(1) Pagnoul, *Phosphates d'Orville* (*Bulletin de la station agronomique du Pas-de-Calais*, 1886).

calculée d'après l'épaisseur des couches reconnues, est évaluée à 32 435 900 tonnes ; il y a 796 carrières en exploitation et 124 carrières inactives ou épuisées ; 3 160 ouvriers sont employés à l'extraction. En 1886, on a obtenu en France 17 682 tonnes de phosphates bruts ; ces produits, bruts ou préparés (criblés, lavés, pulvérisés, triturés, etc.), représentent une valeur de 6 746 544 francs (1).

Voyons maintenant les superphosphates.

En traitant les phosphates de chaux naturels en poudre (apatite, phosphorite, nodule ou sable phosphaté) par de l'acide sulfurique à 53 degrés, on obtient les *superphosphates* dont l'action est beaucoup plus rapide ; une partie de la chaux est transformée en sulfate, tandis que l'autre donne naissance à l'acide phosphorique et au phosphate bibasique dont l'assimilation se fait avec rapidité. En outre, ce mélange renferme du sable, de l'argile et souvent du phosphate tribasique non décomposé.

Il va sans dire qu'on peut également fabriquer des superphosphates avec du noir animal, de la poudre d'os, etc.

Les superphosphates sont connus depuis 1840, époque à laquelle Liebig conseilla de traiter les phosphates par l'acide sulfurique pour les rendre plus solubles.

Cette pratique se répandit d'abord en Angleterre et passa ensuite en France. Aujourd'hui cet engrais se fabrique chez nous sur une très vaste échelle et la consommation annuelle en est considérable. M. Franc, professeur départemental d'agriculture du Cher, a publié sur la fabrication des superphosphates un mémoire du plus haut intérêt auquel nous faisons de nombreux emprunts dans les lignes qui suivent :

La proportion d'acide sulfurique employée est variable suivant la richesse du phosphate ; elle peut varier en

(1) Voir *Journal officiel* du 27 décembre 1887.

moyenne de 40 à 80 kilogrammes pour 100 de phosphate. Pour un phosphate titrant 50 de phosphate réel, on emploie environ 70 kilogrammes d'acide sulfurique à 53 degrés. Une certaine quantité d'eau est nécessaire. Dans le cas actuel, la dose peut être de 40 à 45 litres.

Le mélange se fait dans un bac en bois ou en brique, placé sous un hangar ou mieux en plein air, afin que le dégagement d'acide carbonique n'incommode pas les opérateurs.

On commence par verser l'eau, puis on ajoute l'acide sulfurique par petits filets. On agite les deux liquides pour en faciliter le mélange, en évitant les projections. Un homme répand vivement le phosphate par poignée, tandis que deux autres personnes munies de ringards remuent énergiquement la masse, jusqu'à ce qu'elle soit homogène et que l'attaque du phosphate par l'acide sulfurique soit complète. Il se produit une vive effervescence due au dégagement de l'acide carbonique. Bientôt la masse prend de la consistance, se sèche et durcit par suite de la formation du sulfate de chaux. Le superphosphate est alors obtenu ; on le retire du bac à l'aide d'une pelle pour opérer de même sur une nouvelle quantité de phosphate.

On rend l'engrais pulvérulent en le passant immédiatement une ou deux fois à la claie (1).

La réaction chimique qui s'opère est assez complexe : d'abord, l'acide sulfurique employé en quantité suffisante attaque le carbonate de chaux qui accompagne toujours le phosphate ; l'acide carbonique qui en résulte est mis en liberté et il se forme du sulfate de chaux ; le phosphate est également attaqué, l'acide sulfurique se combine avec une partie de sa chaux pour donner une nouvelle quantité de sulfate de chaux, et l'acide phosphorique,

(1) Franc, *les Engrais industriels*, 1887, broch., p. 16.

dégagé ainsi de sa combinaison, concourt à la formation d'un produit appelé phosphate acide. L'opération a donc pour résultat de produire d'une part du sulfate de chaux ou plâtre, d'autre part du phosphate acide qui est soluble dans l'eau. C'est cette solubilité qui élève notablement valeur agricole et la valeur commerciale de l'acide phosphorique.

La composition des superphosphates varie, dans une large mesure, sous le rapport de la quantité du phosphate soluble et du phosphate insoluble.

Voici quelques analyses exécutées par le docteur Vœlcker :

	Superphosphates provenant de				
	coprolithe et poudre d'os.	minéral.	coprolithe.	minéral.	poudre d'os.
Eau	22,83	19,26	8,96	18,92	24,33
Matière organique	4,88	16,12	9,53	6,21	5,04
Biphosphate de chaux (soluble)	8,28	6,38	17,80	15,66	17,00
Égal à phosphate tribasique	(12,91)	(9,94)	(27,87)	(24,52)	(26,52)
Phosphates insolubles	16,21	22,16	7,80	5,14	9,89
Magnésie	5,53	»	49,46	48,23	2,81
Sels alcalins		5,16			
Sulfate de chaux	37,42	25,10			39,25
Matière siliceuse insolub.	4,85	5,82	6,45	5,84	1,68
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Depuis quelques années, en associant du sulfate de chaux et du sulfate d'ammoniaque, on fabrique un engrais phosphaté et azoté très actif, qu'on désigne habituellement sous l'appellation de *superphosphate d'ammoniaque*. Enfin, on désigne, sous le nom de *phosphates précipités*, des engrais, très actifs également, provenant du traitement des os ou des phosphates naturels par l'acide chlorhydrique étendu ; la dissolution qu'on obtient, fait observer M. Péligot, est mise

en contact avec une quantité convenable de chaux éteinte, pour saturer la liqueur et pour précipiter à l'état de composé tribasique l'acide phosphorique qu'elle renferme ; ces produits sont très riches. Un phosphate précipité, lorsqu'il a été bien préparé, est beaucoup plus riche qu'un superphosphate de même origine, mais sa solubilité dans l'eau est moins grande, ce qui le rend précieux pour les terres légères et pour les plantes à racines traçantes. Il court moins de risque d'être entraîné dans les couches profondes du sol ; ils renferment 65 à 85 de phosphate tribasique.

M. Millot, professeur de technologie à l'Ecole d'agriculture de Grignon, a fait sur les superphosphates des recherches très intéressantes, notamment en ce qui concerne la *rétrogradation*. Il a reconnu que 100 kilogrammes de poudre de phosphate, ayant produit, après traitement, 160 kilogrammes de superphosphates, contenaient, à la fin de l'opération :

15^k,70 d'acide phosphorique *soluble ;*

4 kilogrammes d'acide phosphorique insoluble.

Or, ayant analysé ce même superphosphate, six semaines après, son poids était de 150 kilogrammes, et il dosait :

9 kilogrammes d'acide phosphorique *soluble ;*

10^k,70 d'acide phosphorique insoluble.

C'est cet acide phosphorique, qui, rendu d'abord soluble par l'action de l'acide sulfurique, est redevenu *insoluble*, qu'on appelle acide phosphorique *rétrogradé*.

Cette rétrogradation est due à l'oxyde de fer et à l'argile qui existent dans la masse. L'acide phosphorique rétrogradé est insoluble dans l'eau, mais assez promptement soluble dans le citrate d'ammoniaque (phosphate bicalcique).

Voici les conclusions du travail de M. Millot concernant la rétrogradation :

1° Quand les phosphates minéraux renferment une forte proportion d'oxyde de fer, même lorsqu'ils ont été attaqués par une quantité suffisante d'acide sulfurique, une partie de l'acide phosphorique se combine avec le fer, pour former des phosphates insolubles dans le citrate d'ammoniaque ammoniacal;

2° Le phosphate acide de chaux agit de la même façon que l'acide phosphorique, et il forme du phosphate bicalcique, mais non du phosphate tricalcique, contrairement à ce que M. Joulie avait annoncé;

3° L'alumine, dans les mêmes conditions, ne donne naissance, à la température ordinaire, qu'à des phosphates entièrement solubles dans le citrate d'ammoniaque;

4° Le carbonate de chaux, mélangé aux superphosphates, s'empare de l'acide phosphorique, et même, dans une masse acide, il se forme du phosphate bicalcique et du phosphate tricalcique, si la quantité de carbonate est suffisante (1).

Il est donc utile de connaître, dans un superphosphate, les proportions relatives : 1° d'acide phosphorique et de phosphate acide soluble dans l'eau; 2° d'acide rétrogradé, également assimilable; 3° d'acide phosphorique à l'état de phosphate tribasique insoluble. On ne tient pas compte des autres éléments; et même, le plus souvent, on ne paye que l'acide soluble dans l'eau et l'acide rétrogradé, c'est-à-dire l'acide des phosphates solubles dans le citrate d'ammoniaque.

D'ailleurs, les phosphates du commerce, traités par l'acide sulfurique, peuvent contenir, d'après M. Petermann (2), l'acide phosphorique sous les sept formes suivantes :

(1) A. Millot, *Recherches sur la rétrogradation des phosphates solubles dans les superphosphates* (*Annales agronomiques*, t. VI, 1er fasc.

(2) *Recherches de chimie et de physiologie*. Communication faite

1° A l'état d'acide phosphorique hydraté ;

2° A l'état de phosphate monocalcique ;

3° A l'état de phosphate bicalcique ;

4° A l'état de phosphate neutre de fer ;

5° A l'état de phosphate neutre d'alumine ;

6° A l'état de phosphate tricalcique, qui a échappé à l'action de l'acide sulfurique ;

7° A l'état de phosphate tricalcique, qui peut se former, par rétrogradation, dans certaines circonstances.

Les deux premières formes sont caractérisées par leur solubilité dans l'eau, comme nous l'avons déjà vu ; les phosphates neutres, qui se forment principalement dans la rétrogradation des superphosphates, sont caractérisés par leur insolubilité dans l'eau, tandis qu'ils sont solubles dans le citrate d'ammoniaque ; les deux derniers sont insolubles dans l'eau et le citrate d'ammoniaque, mais sobles dans les acides.

Or, il résulte des belles recherches de M. Petermann que, dans beaucoup de cas, l'acide phosphorique rétrogradé a une influence à peine inférieure, sinon égale, à celle de l'acide soluble. Ce fait se constate notamment dans les sols sablonneux et calcaires légers et surtout dans les terrains tourbeux. En Allemagne, sur divers points, fait remarquer M. Damseaux, l'acide phosphorique rétrogradé, entièrement négligé autrefois, est facturé aujourd'hui aux deux tiers du prix du soluble dans l'eau ; cette dépréciation de l'acide rétrogradé est due en partie à l'habitude et, en outre, à ce que, en bons sols, soumis à une culture active, l'acide phosphorique soluble conserve la supériorité sur l'acide rétrogradé, ainsi qu'il résulte des recherches de M. Joulie.

au 52e Congrès des naturalistes allemands à Carlsruhe, section de chimie agricole. Séance du 17 septembre 1879.

De tout ce qui précède il ne faudrait pas conclure que les superphosphates de chaux, en raison de leur solubilité, trouvent seuls leur emploi en agriculture, à l'exclusion des phosphates naturels, plus lentement assimilables. Il est loin d'en être ainsi, comme nous allons le voir dans les pages qui suivent.

Il y a quelques années encore, les superphosphates seuls étaient d'un emploi courant en agriculture, les phosphates naturels étaient rejetés, lorsque M. Jamieson et M. Grandeau, à la suite d'expériences nombreuses, changèrent cette manière de voir.

Tout d'abord, il est à remarquer qu'on n'a aucun avantage à employer des engrais phosphatés directement assimilables dans une terre contenant plus de 1 gramme d'acide phosphorique par kilogramme; à moins, toutefois, qu'on ne fasse usage, dans cette terre, d'un engrais azoté très actif; dans le cas contraire, la culture normale au fumier peut suffire. Ceci explique pourquoi l'addition de superphosphates, dans certains sols, ne semble produire aucun effet; c'est qu'ils en contiennent suffisamment.

Cependant, comme le fait remarquer M. Pagnoul, la détermination de la richesse d'un sol en acide phosphorique n'est pas suffisante pour reconnaître si une addition de phosphates doit constituer une dépense improductive ou rémunératrice, attendu que les engrais qui existent dans le sol peuvent s'y trouver à l'état de réserve non immédiatement assimilable. L'expérience directe sera seule concluante. Elle peut se faire au moyen de carrés, dont les uns recevront des superphosphates, tandis que les autres n'en recevront pas, *toutes les autres circonstances restant les mêmes*. De petits carrés d'un cinquième d'are suffisent pour ces essais, et ils sont même préférables aux grands, parce que les déterminations peuvent y être faites avec plus de précision, ensuite parce qu'on peut les multiplier

et s'appuyer ainsi sur des moyennes qui permettent d'écarter l'influence des circonstances accidentelles.

Si les superphosphates ne produisent aucun effet sensible, continue M. Pagnoul, il ne faut pas en conclure que l'acide phosphorique doit être exclu des engrais employés. Cette conclusion conduirait à un appauvrissement inévitable du sol. Seulement, au lieu des superphosphates, on peut employer les phosphates naturels, qui fournissent l'acide phosphorique à un prix deux ou trois fois moins élevé (1).

En effet, d'après M. Jamieson :

1° Les phosphates minéraux employés seuls (ce qui était contesté en Angleterre il y a quelques années) ont une influence très marquée sur l'augmentation des rendements;

2° La valeur fertilisante du phosphate minéral insoluble est égale à celle du phosphate animal insoluble ;

3° Le phosphate soluble (dans l'eau) n'est pas supérieur, comme action, au phosphate insoluble (tribasique), dans la proportion qu'on admet généralement (2).

Le phosphate précipité a donné des rendements supérieurs de 6 pour 100 environ à ceux qu'a fournis le phosphate tribasique.

Ces conclusions, dit M. Grandeau, se rapprochent beaucoup de celles que j'ai tirées de mes huit années d'expériences. Elles confirment notamment ce fait important de la presque identité de l'acide bibasique (phosphate précipité) et des superphosphates. — La conséquence générale

(1) Pagnoul, *Note relative à l'emploi des phosphates*.

(2) Le docteur Jamieson estime qu'elle est, pour la plupart des récoltes, de 7 pour 100 environ, tandis que les expériences faites à la station agronomique de l'Est n'ont donné que 4 pour 100 pour une période de huit années. Or, nous le répétons, l'écart de prix entre le kilogramme d'acide phosphorique du superphosphate et le kilogramme d'acide phosphorique du phosphate fossile est supérieur à 100 pour 100.

des essais d'Aberdeen est que le phosphate tribasique (phosphates fossiles à l'état naturel) en poudre fine est la source d'acide phosphorique la plus économique pour le cultivateur. — Nous sommes donc, M. Jamieson et moi, ajoute M. Grandeau, absolument d'accord sur ce fait économique très important qu'il faut arriver à substituer, dans la grande culture, les phosphates minéraux bruts, en poudre, aux superphosphates, infiniment plus chers. »

Cette conclusion est peut-être un peu trop généralisée, et nous croyons qu'il est plus sage de s'en tenir aux vues de M. Pagnoul, précédemment indiquées.

Quant à l'emploi des superphosphates, comparativement à celui des phosphates précipités, M. A. Ladureau l'a étudié avec soin sur une culture de betterave. Les conclusions que l'on peut tirer de son travail sont les suivantes :

1° L'acide phosphorique paraît avoir exercé sensiblement le même effet sur la betterave sous forme de phosphate monobasique soluble dans l'eau ou sous celui de phosphate bibasique soluble dans le citrate d'ammoniaque ;

2° Dans un sol comme celui où nous avons opéré (dans lequel sa proportion n'atteint pas 1 gramme par kilogramme de terre sèche), l'emploi de l'acide phosphorique sous ces deux formes est marqué par un excédent notable de récolte. Dans notre expérience, cet excédent a atteint 6 000 kilogrammes avec le phosphate précipité, et près de 7 000 kilogrammes avec le superphosphate. Ces excédents couvrent largement les frais occasionnés par l'achat des 100 kilogrammes d'acide phosphorique qui les ont produits. En effet, cet acide vaut, en moyenne, 60 centimes le kilogramme aujourd'hui, à l'état soluble et assimilable ; la dépense est donc de 60 francs. Or, en comptant les betteraves au prix moyen des dernières années, soit 20 francs les 1 000 kilogrammes, on a, dans le premier cas, une

plus-value de 120 francs, et, dans le deuxième, une plus-value de 140 francs ;

3° Les différences entre les résultats produits par l'emploi du phosphate précipité et du superphosphate sont trop faibles, pour qu'il soit possible de conclure à la supériorité de l'un de ces produits sur l'autre (1).

M. Paul Wagner, en opérant sur des pois, est arrivé à la même conclusion : « On peut admettre, dit-il, que l'acide phosphorique du phosphate de chaux précipité a la même valeur agricole que l'acide phosphorique soluble du superphosphate. »

En effet, nous avons obtenu la même augmentation de rendement, en traitant, dans un terrain sablonneux, des pois avec la même quantité d'acide phosphorique, d'une part sous forme de phosphate acide, de l'autre sous la forme de phosphate de chaux précipité (2). »

On emploie le superphosphate de chaux à la dose de 200 à 300 kilogrammes par hectare, sur les betteraves, les céréales, le colza, etc. En raison de son assimilabilité assez prompte, on le répand au commencement du printemps. En Angleterre, la dose appliquée dépasse souvent 400 kilogrammes à l'hectare.

Les phosphates naturels s'emploient à une dose plus forte : 300 à 600 kilogrammes à l'hectare, concurremment avec ce fumier, bien étendu (demi-fumure) ; on les répand vers la fin de l'hiver. Le meilleur moyen d'employer des phosphates naturels consiste à les mêler avec le fumier dans les étables mêmes, et dans la proportion de 1 kilogramme par jour et par tête de gros bétail ; ce qui, pour vingt têtes de bétail, ne représente qu'une dépense annuelle de 300

(1) Ladureau, *Sur l'équivalence agricole des divers phosphates* (*Moniteur des syndicats agricoles*, 16 avril 1886).

(2) D.-P. Wagner, *la Question des engrais.*

à 400 francs. Tel est l'avis de M. Pagnoul ; tel est aussi le nôtre.

L'acide phosphorique des superphosphates est soluble ; mais, lorsqu'il est mis en contact avec le sol, il redevient presque immédiatement insoluble, comme celui des phosphates naturels. Cependant, comme il a été préalablement dissous par des actions chimiques, il se trouve dans un état de ténuité que l'on ne peut obtenir par aucun moyen mécanique, et, par suite, son assimilabilité reste plus prompte. Son emploi peut donc être préférable pour les terres qui manquent *sensiblement* d'acide phosphorique.

Nous avons vu que l'azote en excès pouvait nuire aux récoltes. Il n'en est pas de même de l'acide phosphorique. En général, il reste fixé au sol, et son excès n'est pas à craindre ; il cesse simplement d'agir au-delà d'une certaine limite. Il existe, à Orville (Pas-de-Calais), des champs où le phosphate affleure, c'est-à-dire dont le sol est un phosphate exploitable, et qui sont simplement considérés comme formés d'une bonne terre ordinaire.

Nous avons vu que les engrais azotés, pour agir avec efficacité dans un sol, devaient être associés à l'acide phosphorique. Or, à ce propos, il nous faut appeler l'attention sur l'incompatibilité des nitrates et des superphosphates, mise tout récemment en évidence par M. Andouard, directeur de la Station agronomique de la Loire-Inférieure.

Tous les chimistes, adonnés aux analyses d'engrais, reconnaissent les mélanges de nitrates et de superphosphates à leur odeur nitrique caractéristique. « Mais, je ne sache pas, dit M. Andouard, que cette constatation ait conduit personne à soupçonner l'importance de la déperdition d'azote qui se fait parfois dans les mélanges de cette nature. »

A la fin du mois de mai 1886, une maison bien connue par son honorabilité fabriquait une grande quantité de superphosphate minéral avec adhésion de nitrate de soude.

Le produit devait titrer et titrait, en effet, 6 pour 100 d'azote, au début. Cependant, les livraisons aux agriculteurs, nombreuses et rapidement expédiées, ne tardèrent pas à provoquer des réclamations motivées. L'engrais n'avait pas la richesse convenue en azote et chaque semaine nouvelle aggravait le déficit. Voici, représentée par quelques chiffres, l'allure de la décroissance des titres telle que je l'ai observée :

Juin 6,	azote nitrique........	6,17 0/0
— 14,	—	5,74
— 26,	—	4,90
— 30,	—	4,30
Juillet 4,	—	3,86
— 12,	—	3,78

Quant au mécanisme du dédoublement éprouvé par les nitrates, il est probablement le suivant. Les superphosphates contiennent de l'acide phosphorique libre, parfois un peu d'acide sulfurique et même de l'acide fluorhydrique, lorsqu'il s'agit de superphosphates minéraux, qui renferment généralement des fluorures. Ces acides réagissent sur les nitrates, dont ils déplacent l'acide nitrique, et celui-ci se trouve réduit graduellement par les corps oxydables qu'il rencontre dans le produit : matières organiques, sels ammoniacaux, pyrites, etc. Le phénomène devient actif vers la température de 25 ou 30 degrés ; une fois commencé, il continue même à la température de 12 à 15 degrés. Il y a là un ensemble de faits assez complexes, qu'il serait intéressant d'étudier de plus près.

La conclusion pratique de ce fait est qu'il est défectueux d'associer des nitrates aux superphosphates. Lente ou vive car les superphosphates minéraux semblent produire la décomposition plus rapidement que les superphosphates d'os, la décomposition des nitrates est certaine et elle peut, en abaissant notablement la richesse des engrais en azote, provoquer des contestations fâcheuses et des décep-

tions regrettables. On ne peut la retarder qu'en employant les nitrates en fragments grossiers, c'est-à-dire dans un état préjudiciable à leur bonne répartition dans le sol (1).

En associant les nitrates aux phosphates, on n'obtient pas cette déperdition; sous ce rapport, les phosphates organiques de Pernes, dont il a été précédemment question, conviennent tout particulièrement ; en effet, ces phosphates ne contiennent pas d'acides *libres;* par conséquent, l'acide nitrique du nitrate de soude ou de potasse ne peut être déplacé de sa combinaison et subsiste dans le mélange, sans aucune déperdition.

De plus, les phosphates de Pernes, mis à la place du superphosphate en mélange intime avec les nitrates, renforcent, au lieu de la diminuer, l'action fertilisante de ces derniers, en raisonde la proportion de matières organiques azotées et de potasse qu'il renferme. Enfin, pour terminer ce qui a rapport aux engrais phosphatés, nous devons dire un mot des scories phosphatées Thomas et Gilchrist, sur lesquelles M. Grandeau a tout récemment appelé l'attention.

On sait que très souvent les fontes sont phosphoreuses, ce qui diminue beaucoup leur dualité ; or, on a cherché à enlever le phosphore des fontes et à le faire passer dans les scories. Ce procédé de déphosphoration est récent ; il est dû à MM. Thomas et Gilchrist ; son importance est capitale au point de vue industriel, car autrefois les fontes phosphoreuses ne pouvaient servir à la fabrication de l'acier. Maintenant il n'en est plus ainsi ; le procédé auquel nous faisons allusion consiste à ajouter à la fonte, au moment de la transformer en acier, de la magnésie et de la chaux, sous forme de bauxite, de dolomie, etc.

Ainsi, une fonte avant traitement a donné à l'analyse, d'après M. Grandeau (2) :

(1) Andouard, *Incompatibilité des nitrates et des superphosphates.*
(2) *Études agronomiques*, 1886, p. 86 et suiv.

Carbone	3,0 0/0
Silicium	1,3
Manganèse	1,5 à 2 0/0
Phosphore	2,5 à 3 0/0
Soufre	0,2

Après déphosphoration au convertisseur Bessemer par le procédé Thomas-Gilchrist, on a obtenu de l'acier et un laitier ou scorie.

L'acier présentait à l'analyse :

Carbone	0,43
Silicium	Traces
Manganèse	0,76
Phosphore	0,02
Soufre	0,03

et les scories :

Silice	12 0/0
Chaux et magnésie	54
Oxyde de fer et de manganèse	11
Acide phosphorique	16
Alumine, chrome	Traces
Acide sulfurique et vanadique	Traces

Or, ces laitiers, riches en chaux et en acide phosphorique, constituent un déchet de fabrication et se vendent à bon marché ; on a songé à les employer en agriculture, puisqu'ils peuvent fournir l'acide phosphorique à 1 centime le kilogramme.

Lorsqu'ils sont en morceaux ou quand ces morceaux sont broyés mécaniquement, les scories présentent environ 4 à 5 pour 100 d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque. Si l'on expose à l'air et à la pluie les scories en morceaux, elles ont la propriété, fait remarquer M. Lametz (1), par suite de leur richesse en chaux et de

(1) *Les scories phosphoreuses Thomas Gilchrist pour engrais*, dans *la France agricole*, n° du 12 février 1887.

la combinaison instable dans laquelle les autres éléments qui l'accompagnent sont engagés, d'absorber l'humidité et l'acide carbonique et de se déliter, de se réduire en une poussière plus ou moins fine, qui a les qualités des précipités chimiques, c'est-à-dire que ses particules sont à un état de désagrégation poussé assez loin pour qu'on puisse les comparer à de la chaux éteinte à l'air. Il en résulte que les plantes l'absorbent plus facilement que les phosphates fossiles et aussi facilement que les phosphates précipités.

Les scories de déphosphoration s'emploient pour les blés et autres céréales ; on les répand avant ou après les semailles ; il n'est pas nécessaire de herser pour les faire entrer dans le sol, car, vu leur grande densité, elles seront incorporées suffisamment par les pluies d'hiver.

Pour les prairies, luzernes, etc., le mieux est de les répandre en hiver ou dès le printemps ; pour les vignes, houblons, tabacs, betteraves, pommes de terre, etc., l'épandage doit se faire avant les premières cultures.

La quantité à employer dépend de la nature du sol et de la finesse de la poudre de scories ; pour scories broyées en mouture fine, la quantité de 800 à 1000 kilogrammes est suffisante ; pour scories broyées en mouture grosse, il faut mettre 1500 kilogrammes ; si l'on emploie des scories concassées en grains ou délitées à l'air, il faut employer 2000 à 2500 kilogrammes à l'hectare ; mais il n'est pas besoin de recommencer avant trois ou quatre années.

MM. Grandeau et Thiry ont employé, à l'Ecole d'agriculture Mathieu de Dombasle (Meurthe-et-Moselle), les scories à la dose de 7000 kilogrammes à l'hectare sur un champ qu'on a ensuite ensemencé en avoine ; il a été impossible de constater aucun inconvénient résultant de l'emploi de cette énorme quantité de scories.

La production annuelle des scories Thomas-Gilchrist en Allemagne (Luxembourg et Alsace-Lorraine compris) est

évaluée, dit M. L. Grandeau, d'après les documents statistiques de l'industrie métallurgique, au chiffre minimum de 20 000 tonnes métriques, d'une teneur moyenne de 17,5 pour 100 d'acide phosphorique. L'agriculture allemande, avec sa seule production, pourrait, d'après cela, fumer, à raison de 200 kilogrammes d'acide phosphorique à l'hectare, l'énorme surface de plus de dix-sept mille hectares (17 500 hectares). Je n'ai pu encore réunir les éléments nécessaires pour évaluer exactement la production française de scories Thomas, mais je pense qu'elle doit être de beaucoup supérieure à ce chiffre, à en juger par la production du bassin de la Meurthe et de la Moselle, qui pourra livrer 40 000 tonnes environ (1).

III. Nous arrivons maintenant aux engrais potassiques. On a pu voir précédemment que la potasse est nécessaire aux plantes pour qu'elles acquièrent leur complet développement... La potasse convient surtout à certaines plantes, telles que la pomme de terre, la betterave à sucre, les fèves, le lin, le tabac. Voici les analyses des cendres obtenues en incinérant ces diverses plantes :

Plantes.	Potasse 0/0.
Pommes de terre	5,6
Betteraves à sucre	4,0
Fèves de marais	25,9
Tabac	54,1
Lin	10,4

Contrairement à ce qui se passe pour l'acide phosphorique, les terres renferment généralement assez de potasse pour fournir aux besoins des principales plantes de grande

(1) D'après l'enquête de 1886, publiée au *Journal officiel*, les usines sidérurgiques de la France (Meurthe-et-Moselle, Meuse, Nord, Saône-et-Loire) ont produit, en 1886, 49 325 tonnes de scories, dont 1 195 ont été vendues à l'état brut et 9 655 à l'état pulvérulent. La valeur totale des quantités produites est évaluée à 162 092 francs.

culture, mais cette base s'y trouve sous deux formes : immédiatement assimilable et en réserve; nous avons déjà insisté sur ce point en parlant de la *terre arable* et des *amendements*, surtout au sujet du *plâtre*.

Les forêts, disent MM. Risler et Colomb-Pradel, n'ont besoin que de 7 à 15 kilogrammes de potasse par an et par hectare et elles peuvent encore prospérer dans des terres qui en contiennent seulement 0,1 à 0,4 pour 1000 comme les sables des Landes, 0,24 pour 1000, comme les sables du grès vosgien (analysés par M. Grandeau), ou 0,2 à 0,4, comme les terres des pinières de la Bavière (analysées par M. Schulze). Mais, pour le blé, il faut de 60 à 100 kilogrammes de potasse par hectare et par an; pour les pommes de terre, le trèfle, la luzerne et les prairies, il en faut encore plus. Quand l'attaque de la terre par l'acide nitrique fournit 1 pour 1000 de potasse, il suffit, dans un assolement où les fourrages s'équilibrent bien avec les céréales et les racines, de rendre aux champs tout le fumier produit par les fourrages et les pailles. Mais l'assolement est plus épuisant, si une partie des fourrages et des pailles est vendue; dans ce cas, il faut rendre au sol, par des engrais chimiques, la potasse comme l'acide phosphorique et l'azote, dans la proportion où ces éléments de fertilité sont exportés. Il faut donner à chaque récolte, soit par le fumier de ferme, soit par des engrais chimiques, la quantité de potasse qu'elle devra contenir, au moins 50 à 60 kilogrammes par hectare au blé, 70 à 80 kilogrammes aux luzernes, aux trèfles, etc. (1).

Si l'analyse indique dans la terre moins de 1 pour 1000 de potasse attaquable à l'acide nitrique (2), il y a lieu

(1) E. Risler et Colomb-Pradel, *Dans quelles limites l'analyse chimique des terres peut-elle servir à déterminer les engrais dont elles ont besoin?* (*Annales de l'Institut national agronomique*, t. X, 1886.)

(2) Procédé décrit par M. P. de Gasparin dans son *Traité de la détermination des terres arables dans le laboratoire*.

d'employer, en sus du fumier de ferme, des sels de potasse. Par contre, plus le dosage de la potasse attaquable par l'acide nitrique dépasse 1 pour 1000, moins il est nécessaire d'en donner par les engrais chimiques.

La potasse peut être aussi envisagée comme source indirecte d'azote, car elle est l'élément fertilisant par excellence des prairies artificielles, qui puisent la plus grande partie de leur azote dans l'atmosphère ; or, que ces récoltes soient consommées et produisent, par conséquent, du fumier, ou qu'elles soient enterrées comme fumure en vert, elles apportent, dans les deux cas, un fort appoint d'azote au domaine.

Sous quelle forme faut-il apporter la potasse aux terres qui en manquent ? Le commerce des engrais chimiques fournit cet élément dans les composés suivants :

1° Nitrate de potasse ;
2° Chlorure de potassium ;
3° Sulfate de potasse ;
4° Sels de Stassfurth.

Le *nitrate de potasse* a déjà été étudié au sujet des engrais azotés ; nous n'y reviendrons pas.

Le *chlorure de potassium* renferme 63,1 de potasse. On l'obtient dans les usines où l'on purifie le nitre, dans les raffineries de mélasse et dans les marais salants, dont on évapore les eaux mères, après la cristallisation du sel marin.

Les mines de Stassfurth, en Prusse, en fournissent également. Cet engrais contient de 42 à 52 pour 100 de potasse, et se vend de 20 à 22 francs les 100 kilogrammes.

Cet engrais est appliqué, au printemps de préférence, à la dose de 60 à 150 et même 200 kilogrammes à l'hectare, suivant les besoins du sol.

Le *sulfate de potasse* contient :

Potasse	54,07
Acide sulfurique	45,93
	100,00

M. A. Deligny préconise beaucoup cet engrais, qu'il préfère au chlorure de potassium. Au sulfate de potasse seul, dit-il, parmi les sels potassiques, sont attribuées de nombreuses combinaisons et actions réductrices, qui se produisent dans le sol par l'effet de l'acide sulfurique qu'il contient. L'acide sulfurique décompose l'humus, en rend solubles les principes fertilisants et met notamment en action les éléments calcaires et l'azote qui se trouvent en réserve dans le sol.

Le sulfate de potasse est d'un prix légèrement plus élevé que le chlorure de potassium. Cet excès de prix est insignifiant, si on le compare aux avantages que nous venons de résumer (1). On reproche au chlorure de potassium de contenir du chlore, nuisible aux plantes, et d'être uni à une forte proportion de chlorure de sodium ou sel marin.

Toutefois, sur les prairies naturelles, nous trouvons, pour notre part, l'emploi du chlorure à la fois plus efficace et plus économique.

Où l'emploi du sulfate de potasse est certainement avantageux, c'est sur la vigne, dont il augmente le poids de la récolte et la richesse des moûts en sucre. D'après M. Foex, directeur de l'École nationale d'agriculture de Montpellier, le sulfate de potasse est préférable pour la vigne au chlorure de potassium, parce qu'il se diffuse mieux dans le sol et notamment dans les terres argileuses, argilo-calcaires et argilo-siliceuses (2).

Dans le Nord, les agriculteurs préfèrent le chlorure de potassium au sulfate de potasse, pour la betterave et les

(1) Deligny, *le Sulfate de potasse* (*Journal d'agriculture pratique*, 1887).

(2) G. Foex, *Cours complet de viticulture*, 1886.

pommes de terre; personnellement, nous croyons cette préférence pleinement justifiée.

Les mines de Stassfurth, près de Halle en Prusse, découvertes vers 1850 et définitivement installées, en 1861, par le docteur Frank, comme fabrique d'engrais potassiques, ont une grande importance en ce sens qu'elles assurent à l'industrie et à l'agriculture une source, pour longtemps inépuisable, d'une matière fertilisante dont la rareté commençait à devenir très inquiétante.

Le principal sel qu'on y rencontre est, indépendamment des immenses quantités de sel gemme, la *carnallite*, qui est un chlorure de potasse et de manganèse hydraté. Elle se présente en masses compactes, à éclat vitreux, souvent colorée en rouge et déliquescente.

On ne saurait utiliser directement, comme engrais, la carnallite de Stassfurt ; la présence du chlorure de magnésium, fait remarquer M. St. Meunier, rendrait son emploi dangereux, et on doit procéder à sa dissolution dans l'eau pure, puis à l'évaporation, pour séparer les deux chlorures ; le chlorure de potassium se dépose, tandis que le chlorure de magnésium reste dans les eaux mères ; on obtient ainsi un produit renfermant 80 pour 100 de chlorure de potassium (1).

On exploite encore, à Stassfurt, d'énormes quantités de *kaynites*, qui sont expédiées dans le monde entier. Cette substance, dont la composition est très variable, résulte du mélange en proportions diverses des minéraux exploités dans ce gisement, c'est-à-dire la kieserite ou magnésie sulfatée hydratée, le sel gemme, la carnallite, la polyhalite, sulfate de chaux, de magnésie et de potasse hydratées. La kaynite, ou kaïnite, renferme de 12 à 14 pour 100 de potasse (environ 24 pour 100 de sulfate de potasse). En

(1) St. Meunier, *la Terre arable*, p. 134.

agriculture, on n'emploie ce sel que trois fois concentré, c'est-à-dire contenant 30 à 33 pour 100 de potasse.

Cet engrais donne de bons résultats sur les vignes et les pommes de terre ; 50 à 100 kilogrammes à l'hectare suffisent largement. Comme la plupart des engrais potassiques, il ne produit guère d'excédent de récolte dans les terres argileuses (qui sont naturellement potassiques) ; mais, sur les sols sablonneux et tourbeux, il peut être très recommandable.

De tout ce qui précède, on peut conclure que le fumier de ferme, *bien fabriqué*, est encore le meilleur engrais, puisqu'il renferme *tous les éléments constitutifs des plantes*.

Toutefois, dans les exploitations qui exportent les produits du sol, il faut suppléer à la déperdition d'acide phosphorique, de potasse et d'azote par l'emploi des engrais chimiques, *appliqués avec discernement*. Les engrais chimiques devront être employés aussi dans les sols où l'un ou l'autre des éléments essentiels ferait défaut ; encore convient-il d'associer entre eux les engrais de manière à ce que les qualités de l'un contre-balancent les défauts de l'autre.

Pour opérer sûrement, en ce qui concerne les engrais, on ne saurait trop conseiller aux agriculteurs de réserver sur leurs exploitations quelques ares, destinés à expérimenter les engrais compatibles avec la nature de leur sol.

La portion choisie sera divisée en parcelles égales, disposées en échiquier : sur l'une on donnera l'engrais phosphaté, sur l'autre l'azote, sur l'autre la potasse, et, en cultivant diverses plantes sur ces carrés, on arrivera, par les rendements, à voir quel est le ou les éléments qui manquent au sol et qui profitent à la plante.

Si l'engrais d'où la chaux, ou la potasse, ou le phosphate de chaux, ou la matière azotée, ont été volontairement

exclus, dit M. L. Mussa (1), produit autant d'effet que l'engrais complet, il est manifeste que le sol contient naturellement l'élément qui fait défaut à l'engrais. Si, au contraire, ces rendements se montrent inférieurs, il est évident que l'élément qui manque à l'engrais manque également au sol.

Ce témoignage de la plante est décisif. L'indication obtenue ne repose pas sur des analyses de laboratoire, mais sur des résultats qui se réalisent toujours dans le champ et qui se rattachent aux besoins des cultures. Ce champ d'expérience doit être placé sur une pièce qui représente autant que possible, par sa nature minéralogique, son exposition et son degré de fertilité, la qualité moyenne du sol de l'exploitation.

Enfin, dans l'emploi des engrais chimiques, qui, nous le répétons, ne dispensent nullement de l'emploi du fumier, il importe de se conformer aux trois prescriptions suivantes :

1° Choisir, pour l'épandage, un temps calme, et ajourner l'opération, si le vent souffle trop fort ;

2° Éviter l'accumulation d'engrais par places ;

3° Donner un léger coup de herse après avoir semé l'engrais, afin de l'incorporer au sol.

Les engrais chimiques, en raison de leur prix, ont été l'objet d'une foule de fraudes, qui ont certes contribué, dans une très large mesure, à les déprécier. En effet, on comprend sans peine que le cultivateur y regarde à deux fois avant de dépenser son argent, si on lui donne des matières inertes, sans action sur les récoltes ou même pouvant leur nuire.

Il y aurait donc une importance capitale à assurer l'exactitude et la sincérité dans la préparation et la vente

(1) Louis Mussa, *Pratique des engrais chimiques*, 1 vol., 1881.

des engrais commerciaux. C'est ce qu'a visé la loi du 24 juillet 1867, complétée par celle du 4 février 1888, dont voici le texte :

Article premier. — Seront punis d'un emprisonnement de six jours à un mois et d'une amende de 50 à 2000 francs, ou de l'une de ces deux peines seulement :

Ceux qui, en vendant ou en mettant en vente des engrais ou amendements, auront trompé ou tenté de tromper l'acheteur, soit sur leur nature, leur composition ou le dosage des éléments utiles qu'ils contiennent, soit sur leur provenance, soit par l'emploi, pour les désigner ou les qualifier d'un nom qui, d'après l'usage, est donné à d'autres substances fertilisantes.

En cas de récidive dans les trois ans qui ont suivi la dernière condamnation, la peine pourra être élevée à deux mois de prison et 4000 francs d'amende.

Le tout sans préjudice de l'application du paragraphe 3 de l'article 1er de la loi du 27 mars 1851, relatif aux fraudes, sur la quantité des choses livrées, et des articles 7, 8 et 9 de la loi du 23 juin 1857, concernant les marques de fabrique et de commerce.

Art. 2. — Dans les cas prévus à l'article précédent, les tribunaux peuvent, en outre des peines ci-dessus portées, ordonner que les jugements de condamnation seront, par extraits ou intégralement publiés dans les journaux qu'ils détermineront, et affichés sur les portes de la maison et des ateliers ou magasins du vendeur et sur celle des mairies de son domicile et de celui de l'acheteur.

En cas de récidive dans les cinq ans, ces publications et affichages seront toujours prescrits.

Art. 3. — Seront punis d'une amende de 11 à 15 francs inclusivement ceux qui, au moment de la livraison, n'auront pas fait connaître à l'acheteur, dans les conditions indiquées à l'article 4 de la présente loi, la provenance

naturelle ou industrielle de l'engrais ou de l'amendement vendu et sa teneur en principes fertilisants.

En cas de récidive dans les trois ans, la peine de l'emprisonnement pendant cinq jours au plus pourra être appliquée.

Art. 4. — Les indications dont il est parlé à l'article 3 seront fournies, soit dans le contrat même, soit dans le double de commission délivré à l'acheteur au moment de la vente, soit dans la facture remise au moment de la livraison.

La teneur en principes fertilisants sera exprimée par les poids d'azote, d'acide phosphorique et de potasse contenus dans 100 kilogrammes de marchandise facturée telle qu'elle est livrée, avec l'indication de la nature ou de l'état de combinaison de ces corps, suivant les prescriptions du règlement d'administration publique dont il est parlé à l'article 6.

Toutefois, lorsque la vente aura été faite avec stipulation du règlement du prix d'après l'analyse à faire sur échantillon prélevé au moment de la livraison, l'indication préalable de la teneur exacte ne sera pas obligatoire, mais mention devra être faite du prix du kilogramme de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse contenus dans l'engrais, tel qu'il est livré, et de l'état de combinaison dans lequel se trouvent ces principes fertilisants.

La justification de l'accomplissement des prescriptions qui précèdent sera fournie, s'il y a lieu, en l'absence du contrat préalable ou d'accusé de réception de l'acheteur, par la production, soit du copie de lettres du vendeur, soit de son livre de factures régulièrement tenu à jour et contenant l'énoncé prescrit par le présent article.

Art. 5. — Les dispositions des articles 3 et 4 de la présente loi ne sont pas applicables à ceux qui auront vendu, sous leur dénomination usuelle, des fumiers, des matières

fécales, des composts, des gadoues ou boues de ville, des déchets de marchés, des résidus de brasserie, des varechs et autres plantes marines pour engrais, des déchets frais d'abattoirs, de la marne, des faluns, de la tangue, des sables coquilliers, des chaux, des plâtres, des cendres ou des suies provenant des houilles ou autres combustibles.

Art. 6. — Un règlement d'administration publique prescrira les procédés d'analyse à suivre pour la détermination des matières fertilisantes des engrais, et statuera sur les autres mesures à prendre pour assurer l'exécution de la présente loi.

Art. 7. — La loi du 27 juillet 1867 est et demeure abrogée.

Art. 8. — La présente loi est applicable à l'Algérie et aux colonies.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Cette loi, que nous avons cru devoir reproduire *in extenso* en raison de son importance, donne-t-elle aux acheteurs d'engrais des garanties nouvelles, qu'il leur était impossible d'obtenir auparavant? Nous n'oserions l'affirmer.

Les maisons sérieuses, fait remarquer avec juste raison M. C. Bongin (1), vendent depuis très longtemps sur titres garantis, sur facture remboursant tout manquant et stipulant les conditions dans lesquelles doit se faire la vérification.

Donc, l'acheteur, sans cette loi, pouvait toujours acheter avec garantie absolue de titre ; mais, direz-vous, comment

(1) E. Bongin, *la Loi sur la répression des fraudes dans le commerce des engrais* (*Moniteur des syndicats agricoles* du 22 janvier 1888).

se fait-il que les fraudes aient été, malgré cela, si nombreuses ?

Tout simplement parce que la majorité des fournitures d'engrais étaient faites à la culture, non pas par des fabricants, mais par une foule de négociants, gros gagneurs, mais, en revanche, ne garantissant rien.

Il n'est pas rare de voir un engrais grevé du bénéfice de deux intermédiaires avant d'arriver au consommateur. Les prix scandaleux, les falsifications ont été innombrables dans cette classe des traficants. En revanche, nous ne croyons pas que jamais les maisons honorables, contrôlées, vendant sur garanties, aient donné lieu à aucune plainte ; jamais on n'a relevé contre elles de faits de falsifications.

Le cultivateur trompé ne devait donc s'en prendre qu'à lui-même, s'il payait trop cher ou n'obtenait qu'un produit falsifié.

La loi empêchera-t-elle les bénéfices exagérés, les fraudes nombreuses de ces petits marchands ? J'en doute.

Comme le dit fort justement la *Gazette des campagnes de Belgique*, il est fort difficile de protéger les gens malgré eux, et il est fort difficile aussi d'intervenir, quand le marché est purement verbal, ou quand la partie lésée ne se plaint pas.

La Belgique vient de voter une loi semblable à celle qui nous occupe, et nous sommes d'accord avec notre confrère M. X. Farmet, lorsqu'il dit :

Le cultivateur doit nécessairement, pour tirer parti des engrais commerciaux, les obtenir à juste prix, exiger des garanties réelles et complètes, rendant impossible toute fraude, toute falsification.

La loi sur la falsification des engrais est faite contre le traficant déshonnête qui fourmille et nuit tout à la fois à la culture qu'il trompe et aux fabricants d'engrais dont il prend la clientèle...

Quant à l'article 6 de la loi, concernant les procédés d'analyse à employer, il n'est pas encore publié, mais nous devons faire remarquer que le Comité des stations agronomiques et des laboratoires agricoles a publié à ce sujet en 1887, un rapport au sujet des méthodes à suivre dans l'analyse des matières fertilisantes, qui nous paraît réunir toutes les conditions désirables. Il est probable que le règlement d'administration publique, prévu par l'article 6, sera basé sur ces données. Nous ne pouvons reproduire ici, dans son entier, cet intéressant rapport, qui décrit les méthodes reconnues exactes, et qui comprend près de 40 pages. Nous en extrairons simplement le passage suivant, dont l'importance n'échappera à personne :

En décrivant les méthodes analytiques qui, dans l'état actuel de nos connaissances, nous paraissent les plus propres à conduire à des résultats exacts, nous avons cru devoir tenir compte des conditions dans lesquelles se trouvent placés les laboratoires d'analyses qui ont à effectuer, dans un temps déterminé, un certain nombre d'opérations.

Il ne s'agissait donc pas uniquement de la précision des procédés, mais encore de la facilité et de la rapidité de leur application. C'est à ce double point de vue que la commission chargée spécialement de cette étude s'est placée, et, dans le choix qu'elle a fait parmi les méthodes analytiques, elle a tenu grand compte des nécessités de la pratique du laboratoire ; mais elle a toujours subordonné toutes les autres considérations à celle de l'exactitude à obtenir dans le dosage.

Les méthodes qui n'ont pas été jugées suffisamment précises ont été écartées; mais la commission n'a pas la prétention d'avoir fait une œuvre définitive ; elle croit devoir laisser ouverte l'inscription de procédés nouveaux ou perfectionnés, lorsque ceux-ci auront fait leurs preuves...

L'exactitude des opérations ne dépend pas seulement des méthodes, elle dépend aussi des opérateurs ; il y a donc deux causes d'erreurs qui tendent à éloigner les chiffres obtenus par l'analyse du chiffre vrai : l'erreur inhérente au procédé, l'erreur personnelle à l'analyste.

Les chiffres que donne le dosage ne sont donc pas mathématiquement égaux au chiffre exprimant la quantité réelle de la substance envisagée, et les écarts pourront être d'autant plus grands que la méthode est susceptible de moins de précision et l'opérateur moins habile.

De là résulteront des divergences entre les résultats obtenus par divers chimistes, divergences qui, dans l'esprit de personnes non initiées, pourront ébranler la confiance dans l'utilité et la valeur de l'épreuve analytique et embarrasser les tribunaux chargés de réprimer les fraudes. Les inconvénients de ces divergences sont apparents plutôt que réels et il convient de les discuter.

Dans les transactions commerciales, il suffit d'avoir des chiffres se rapprochant assez de la vérité absolue pour que l'écart soit sans préjudice appréciable pour l'acheteur ou pour le vendeur, et il y a une certaine latitude dans laquelle peuvent se mouvoir les résultats que l'on peut appeler pratiquement exacts. Il faut donc admettre un écart permis, une tolérance entre le titre indiqué et celui que donne l'analyse.

C'est une tendance des personnes qui ne sont pas initiées aux sciences expérimentales, d'attribuer à celles-ci plus de puissance qu'elles n'en ont en réalité. Il est du devoir de ceux qui sont chargés de préciser les conditions de l'intervention de la science dans les applications industrielles et commerciales de prémunir contre une confiance trop absolue dans les résultats de laboratoire.

On s'imagine souvent que le nombre de décimales est l'indice d'une plus grande exactitude ; rien n'est moins

vrai, et le chimiste qui se rend compte de la valeur des chiffres ne s'attachera jamais à porter ce nombre au-delà de ce qui rentre dans les limites des quantités dont il peut répondre. En général, quand les résultats sont rapportés à 100 de matière analysée, le maximum de précision qu'on puisse espérer ne dépasse pas une unité de la première décimale ; il n'y a donc à tenir aucun compte d'une seconde et surtout d'une troisième décimale, et, par suite, il est superflu de les employer en exprimant le résultat d'une analyse.

Encore, dans la plupart des cas, n'est-ce pas d'une unité de la première décimale, mais de plusieurs, que les chimistes peuvent s'écarter pour un même produit. On doit donc regarder comme pratiquement concordants les résultats qui ne diffèrent entre eux que d'un petit nombre d'unités de la première décimale, et ce nombre d'unité pourra être d'autant plus grand que la quantité du corps à doser est elle-même plus grande par rapport à la matière analysée. Voici un exemple :

Analyse d'un phosphate naturel :

Quantité réelle, acide phosphorique p. 100....			17,3
Premier résultat,	—	—	17,6
Autre résultat,	—	—	17,0

Un marchand qui aura vendu avec garantie 17,5 pour 100 d'acide phosphorique, alors que l'analyse n'aura trouvé que 17,0, n'est donc pas convaincu de fraude, puisque l'écart entre les deux chiffres peut provenir du fait de l'analyse aussi bien que d'un manquant réel.

Il n'en serait pas de même si l'écart était plus grand.

Autre exemple : Analyse d'un phosphate précipité :

Quantité réelle, acide phosphorique p. 100....			17,3
Premier résultat,	—	—	17,6
Autre résultat,	—	—	17,0

Là encore, nous devons admettre que ces divers chiffres sont suffisamment concordants pour les besoins du commerce, et que le vendeur qui aurait garanti 37,0 alors que l'analyste n'a trouvé que 36,5 n'est pas convaincu de fraude.

Sans multiplier les exemples, on peut dire que chaque fois que les écarts ne dépassent pas 1 pour 100 de la substance dosée ou deux unités de la première décimale, les résultats doivent être regardés comme concordants (1).

On compte que la fraude des engrais coûte annuellement à l'agriculture française, suivant M. Jules Domergue, environ 100 millions de francs. A cela nous répondons : « Aujourd'hui qu'on peut faire analyser ses moindres achats, est volé qui veut l'être... » Mais de combien plus encore doit être le préjudice causé à l'agriculture par l'emploi irraisonné, irréfléchi des engrais ; par combien de millions, sur un commerce évalué à 800 millions, doit se chiffrer la perte résultant de ce fait que, cinq fois sur dix, on donne à la terre l'engrais qui ne lui convient pas ou qui lui est inutile !

En suivant les indications données par M. Grandeau, les agriculteurs n'ont rien à craindre en matière de falsification. Voici comment il faut procéder pour tout achat d'engrais : 1° demander au vendeur un échantillon type de l'engrais ; 2° exiger de lui, par écrit, les indications, engagements et garanties suivants :

a. Indication de la nature et de la garantie de chacune des matières fertilisantes désignées nominativement, savoir : azote organique, azote ammoniacal, azote nitrique ; acide phosphorique soluble dans l'eau ou le citrate ; acide

(1) *Rapport adressé par le Comité des stations agronomiques et des laboratoires agricoles au sujet des méthodes à suivre dans l'analyse des matières fertilisantes* (extrait du *Bulletin de l'agriculture*). Paris, Imprimerie nationale, 1887.

phosphorique insoluble ; potasse à l'état de chlorure ou de sulfate.

b. Engagement de laisser prélever un échantillon à l'arrivée de l'engrais, d'en laisser constater la conformité avec l'échantillon type remis avant la vente.

c. Fixation, par écrit, du prix, par kilogramme, de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse sous chacune de leurs formes.

d. Nullité du marché, dans le cas où l'une des conditions convenues ne se trouverait pas réalisée.

Les indications ci-dessus étant établies par la garantie du vendeur et par l'analyse de l'engrais à son arrivée chez l'acheteur, celui-ci n'aura aucun aléa à courir. En effet, il poûrra, en recevant l'offre du vendeur, calculer la valeur réelle de l'engrais qui lui est offert ; il n'aura, pour cela, qu'à affecter au kilogramme de chacune des matières fertilisantes les prix du cours, faciles à connaître, et verra immédiatement si les offres qui lui sont faites sont ou non trop élevées ou, ce qui revient au même, s'il peut se procurer ailleurs, à meilleur marché, les substances fertilisantes contenues dans l'engrais.

Voici, d'ailleurs, la valeur moyenne des principes utiles d'un engrais :

1	kilogramme	d'azote facilement soluble........	1f,70
1	—	d'acide phosphorique assimilable.	0 ,80
1	—	de potasse......................	0 ,45

LIVRE III

PHYSIOLOGIE DES CULTURES

CHAPITRE IX.

LES CÉRÉALES.

I. Composition chimique des céréales.— Engrais qui conviennent à ces plantes.— Migration des principes immédiats.— Évaporation de l'eau. — La silice. — Composition chimique des pailles. — La verse des céréales : rôle de la potasse. — Travaux de M. I. Pierre. — Les paraverses. — Les maladies des céréales. — Chaulage et vitriolage des graines de semence.— Son importance dans la pratique.— Nouvelles recherches à ce sujet.

II. Le blé ou froment. — Production annuelle pour le monde entier. — La culture du blé en France. — Le méteil. — La crise agricole et le prix du blé. — Les droits protecteurs. — Influence de la température sur la végétation du blé. — Expériences de M. Risler. — Variétés et espèces de blés. — Blés à grains nus et à grains vêtus. — La sélection : espèces et variétés de blé, etc., etc. — Les blés améliorés à grands rendements. — Le *nursery*, le *goldendrop;* blé *victoria*. — Le blé de Bordeaux. — Le *chiddam*, le *dattel*, le *lamed*, l'*aleph*. — Expériences de M. Vilmorin. — Semis en lignes et semis à la volée. — Les blés d'hiver. — Les blés de printemps. — Rapport pondéral du grain à la paille. — Les terres à blé.— Les engrais. — Culture du blé sans fumier ni bétail.— Les engrais chimiques appliqués à la culture du blé.

III. Les autres céréales : le seigle.— Climat.— Composition chimique du grain et de la paille. -- Exigences culturales. — Rendements.

L'orge.—Variétés diverses.— Escourgeon. — Engrais et amendement. — Exigences culturales. — Le maïs. — Variétés et composition chimique. — L'avoine. — Climat; espèces et variétés.

Sol.— Culture de l'avoine. — Travaux de MM. Müntz et Ch. Girard. — Le principe excitant de l'avoine. — L'*avenine*.— Recherches de M. A. Sanson. — Comment il faut donner la ration d'avoine aux chevaux. — La paille d'avoine. — Sa valeur nutritive à l'état vert, mûre et trop mûre. — Recherches du docteur Vœlcker. — Rapport de la paille au grain. — Rendements.

Le sarrasin ou *blé noir*. — Sa production. — Ses usages.— Culture. —Composition chimique.—Valeur du sarrasin comme fourrage. — Recherches de MM. Müntz et Girard sur la digestibilité du sarrasin.

On évalue la production totale des plantes céréales cultivées (blé, seigle, orge, avoine, maïs, sarrasin, etc.) dans le monde entier à 3 milliards d'hectolitres par an. Toutefois, étant donnée la valeur inégale des diverses graines qui se trouvent ici confondues, il faut les considérer séparément pour s'en faire une idée exacte, car le blé, ou pour mieux dire le froment, à lui seul, a autant d'importance que toutes les autres céréales ensemble.

Vœlcker admet comme type de composition chimique du grain de froment, avoine, orge et maïs, les chiffres suivants :

Tableau XXXI.

	BLÉ.	ORGE.	AVOINE	MAÏS.
Eau	12,26	14,65	13,09	14,96
Principes protéiques assimilables	11,64	10,84	11,85	11,27
Principes combustibles (amidon et graisse)	68,74	68,31	63,34	67,48
Fibre ligneuse	2,61	3,45	9,00	5,02
Cendres	1,75	2,75	2,72	1,27

Tout en faisant remarquer que le blé et l'orge ne contiennent qu'une faible proportion de matières grasses

(2 pour 100 environ), tandis que l'avoine en renferme 6 pour 100 en moyenne, et le maïs de 8 à 9 pour 100, Vœlcker signale l'analogie dans la composition des quatre céréales sous le rapport des principes combustibles. Il ajoute que si la fibre ligneuse ne varie guère, comme quantité, dans les diverses variétés de blé, elle offre des différences notables pour l'orge, et surtout pour l'avoine (1).

On prétend habituellement que l'acide phosphorique est l'engrais par excellence pour les céréales. Cela est exact, fait remarquer M. P. Wagner, en ce sens que les céréales aiment une nourriture phosphatée et en font grand profit, Il est toutefois complètement faux de prétendre que l'engrais phosphaté est le *seul* qui leur convienne. L'azote et la potasse ont souvent pour ces plantes autant de valeur que l'acide phosphorique. Ce n'est que dans les terrains humides et *riches en humus*, ou bien fortement fumés avec de l'engrais d'étable, conditions dans lesquelles le rendement en grains est minime proportionnellement à la paille, que l'application exclusive d'engrais phosphaté est à recommander. Dans tous les autres cas, et ce sont les plus nombreux, l'engrais phosphaté ne peut produire de bon effet qu'additionné d'une quantité suffisante d'azote.

Quant à la question du fumage des céréales aux engrais potassiques, on se trompe en disant que ce sont les végétaux auxquels ils conviennent le moins. Il n'en est rien. Dès que le terrain est pauvre en potasse, l'engrais potassique profite aux céréales autant et plus peut-être qu'à n'importe quel autre végétal.

Ces trois agents nutritifs entrent donc pour le fumage des céréales en ligne de compte égale, étant tous trois nécessaires à leur développement normal.

Voici, d'après Wagner, quelques chiffres qui fournis-

(1) A. Ronna, *Travaux et expériences du docteur Vœlcker* (*Annales de la science agronomique*, direct. M. Grandeau).

sent un point d'appui à la détermination des doses d'engrais à employer pour les céréales (1).

	Minimum par hectar.	Moyenne par hectar.	Maximum par hectar.
Acide phosphorique soluble...	30 k.	50 k.	80 k.
Azote soluble................	10	25	40
Potasse......................	30	50	100

Il faut abandonner à l'initiative de chacun le choix de la dose, soit moyenne, soit forcée, ou diminuée de l'un ou l'autre de ces engrais, d'après les chiffres ci-dessus.

Les céréales, en général, le froment surtout, aiment la vieille force du sol, c'est-à-dire le terreau depuis longtemps enfoui, très divisé, incorporé en un mot aux molécules terreuses. Le seigle, l'avoine, le sarrasin, fait remarquer M. A. Gobin (2), sont moins exigeants sur ce point, pourtant, que l'orge, le maïs et le froment surtout. Le seigle se plaît dans les terres qui lui peuvent abondamment fournir de la silice soluble ; l'orge, dans celles qui contiennent de la silice et de l'argile en quantités presque égales ; le froment, dans celles qui renferment notablement de chaux et de magnésie, d'acide phosphorique, d'alcalis (soude, potasse) et de matières azotées ; le sarrasin, partout où il trouve dans un sol parfaitement divisé de l'acide phosphorique et des alcalis (chaux, magnésie, soude, potasse). Les céréales d'automne sont moins exigeantes sur la fécondité du sol que celles de printemps, parce que la période de leur végétation est plus longue et que, dès le commencement, elles préparent les matériaux de leur développement complet, à l'aide en même temps de leurs feuilles et de leurs racines ; elles reprennent de bonne heure au printemps leur essor, dès que la température de l'air et celle du sol se sont un peu élevées ; l'humidité stagnante de

(1) P. Wagner, *la Question des engrais.*

(2) A. Gobin, *Guide pratique d'agriculture générale*, p. 306.

l'hiver détruit leurs racines, l'humidité surabondante au printemps entrave et contrarie l'émission des tiges.

Pendant la végétation des céréales, plus elles approchent de la maturité, plus le phosphore et l'azote diminuent dans les tiges, pour affluer vers l'épi.

Les feuilles et les chaumes commencent à perdre leurs sels fertilisants dès que l'épi se forme. Pendant les dernières semaines, elles perdent les deux tiers de la quantité totale qu'elles possédaient avant la floraison. L'évaporation, fait remarquer M. Proost (1), joue un grand rôle dans cette émigration des principes immédiats de la tige et des feuilles vers l'épi.

La quantité d'eau qu'un hectare de blé évapore par hectare et par jour dépend : 1° de l'intensité de la lumière ; 2° de la durée de l'insolation ; 3° de la surface et de l'épaisseur des feuilles.

Une feuille de blé donne en une heure son poids d'eau au soleil ; elle n'en donne pas le centième par la chaleur obscure. Aussi, sous les hautes latitudes, le blé mûrit plus vite, parce que le soleil reste plus longtemps sur l'horizon. Le blé évapore en moyenne 25 tonnes d'eau par hectare et par jour de dix heures. Par les temps couverts, cette quantité diminue considérablement.

Il se fixe, d'après MM. Lawes, Gilbert, Risler, en moyenne 1 kilogramme de matière sèche pour 300 kilogrammes d'eau évaporée.

L'absorption de la silice, continue M. Proost (2), qui forme avec la cellulose de la paille une combinaison spéciale, cesse la première, un mois avant la maturité. L'absorption des principes fertilisants se termine après la floraison, parfois plus tard, quinze à vingt jours avant la moisson. Pendant ce temps, les chaumes et les feuilles

(1) A. Proost, *Manuel de chimie agricole*, 1884. Bruxelles.

(2) A. Proost, ouvr. cité.

cèdent rapidement leur azote à l'épi, qui réalise 10 pour 100 de grain en acide phosphorique seulement, pendant les dernières semaines.

Les pailles renferment beaucoup de potasse. Pendant la formation de l'amidon dans le grain, la potasse est nécessaire à son élaboration. Il paraît certain que la potasse contribue également à développer le tissu fibreux de l'épi, qui lui permet de résister à la verse : le blé, arrosé avec du purin, *verse* aisément si l'on n'ajoute pas de potasse et de phosphate de chaux.

Les cendres des chaumes contenant jusqu'à 74 pour 100 de silice, on avait cru qu'ils devaient leur résistance à cet élément ; cependant les feuilles sont beaucoup plus riches en silice que les chaumes ; elles occasionnent même la verse par leur poids quand elles prennent trop de développement.

Les blés les plus feuillus, fait remarquer à ce sujet M. I. Pierre, sont habituellement plus sujets à la verse pour deux raisons principales : la première, c'est que le pied de la tige, moins aéré parce que les feuilles couvrent entièrement la terre, reste plus longtemps mou ; la seconde, c'est que les feuilles, plus développées, sont pour ces tiges molles un fardeau plus lourd à supporter, auquel viennent s'ajouter encore le poids de l'eau des pluies et la pression du vent (1).

Toutefois, comme le fait remarquer M. Vilmonis, ce ne sont pas les blés dont la paille est raide et grosse qui versent le moins, souvent, au contraire, ils s'abattent tout d'une pièce, tandis qu'on voit rester debout d'autres variétés dont la paille, plus mince et plus flexible, plie et ne se rompt pas.

Nous croyons, pour notre part, que la potasse doit jouer

(1) Isidore Pierre, *Chimie agricole*, t. I, p. 349.

un rôle dans la verse ; la silice y est peut-être aussi pour quelque chose ; car ces deux substances se trouvent surtout dans les pailles et notamment dans les pailles solides, comme le prouvent ces résultats d'analyse comparative que nous empruntons à Vœlcker :

	Paille.	Grain.
	k	k
Acide phosphorique................	10,650	18,214
Acide sulfurique....................	5,884	0,280
Silice..............................	144,314	1,128
Chaux..............................	11,768	1,120
Magnésie..........................	4,202	4,022
Potasse............................	28,202	10,928
Soude, chlorure de potassium, etc...	10,368	0,560
	215,208	36,424

Ces chiffres sont donnés par l'analyse d'une récolte de 28 ,74 sur 1 hectare, ayant donné 2152 kilogrammes de grain (renfermant $36^{k},42$ de matières minérales), et 4304 kilogrammes de paille (renfermant 215,21 de cendres).

La migration des principes immédiats a donc une influence notable sur la qualité de la récolte. Or, ces migrations sont elles-mêmes influencées par des causes diverses, telles que la nature du sol, la nature des engrais, etc.

Ainsi, en ce qui concerne l'azote, MM. Dehérain et Nantier (1) ont trouvé, pour l'avoine :

2,18 pour 100 d'azote, correspondant à 13,62 de matières azotées, dans une avoine qui avait reçu du fumier de ferme ;

2,76 pour 100 d'azote, correspondant à 17,25 de matières azotées, dans une avoine cultivée au nitrate de soude ; et 2,20 pour 100 d'azote, correspondant à 13,75

(1) *Recherches sur le développement de l'avoine* (*Annales agronomiques*, t. VIII, p. 380).

de matières azotées dans une avoine n'ayant pas reçu d'engrais.

Au point de vue pratique, on évitera la verse en n'exagérant pas les quantités d'engrais concentrés, tels que : poudrette, nitrate, sulfate d'ammoniaque, etc., qui, employés à titre exclusif, poussent à la verse ; on aura soin de les distribuer aux céréales, conjointement avec les engrais phosphatés.

Toutefois, des céréales versées dans une exploitation, indiquent toujours une bonne culture, ou plutôt, de fortes fumures ; toutefois, si on le peut, la verse doit être évitée, car elle a des inconvénients multiples et sérieux. Par cela même, on recommande d'appliquer les fortes fumures aux plantes fourragères et aux racines, celles-ci ne prennent pas tout et le reste profite au blé.

Pour terminer ce qui a rapport à la verse, nous dirons qu'on a proposé plusieurs moyennes pour y obvier. Les *paraverses*, dit M. Lechartier (1), consistent dans l'emploi de tuteurs ayant 65 à 75 centimètres de hauteur. On les plante sur toute la surface du champ, en les espaçant de 3 mètres sur 2 mètres. On relie ensuite tous ces tuteurs par du fil de fer n° 6, de sorte que le blé est comme emprisonné dans une sorte de trame à mailles rectangulaires. Chaque hectare exige 1 650 pieux et 8 300 mètres de fer. Les dépenses sont évaluées à 30 fr. 30 par hectare et par an. Ce procédé ne nous paraît pratique que sur de petites étendues de terrain. Ce qu'il faut chercher, c'est le moyen de donner aux tiges du blé la force de se soutenir elles-mêmes.

Une autre question fort importante, concernant les céréales, c'est celle des maladies dont elles sont susceptibles. Nos céréales sont sujettes à certaines maladies

(1) G. Lechartier, *Agriculture théorique et pratique*, p 360.

cryptogamiques qui s'attaquent aux grains et qui occasionnent tous les ans des pertes considérables. Parmi ces affections, nous devons citer : la rouille (*Puccinia graminis*); le charbon (*Ustilago carbo*); l'ergot (*Sclerotium clavus*), et surtout la carie (*Uredo caries*). Le chaulage des grains de semence a pour but de prévenir l'apparition et le développement de ces maladies; c'est une pratique fort ancienne dont il est fait mention dans *Virgile*.

Différentes substances ont été proposées dans ce but; la chaux (chaulage), le sulfate de soude (sulfatage), le sulfate de fer ou vitriol vert, le sulfate de cuivre ou vitriol bleu (vitriolage), etc. Cette dernière substance est la plus généralement employée, son usage date de 1807; toutefois, elle n'atteint pas encore à la perfection, car, dans ces dernières années, d'autres ingrédients ont été mis en avant : l'arsenic, l'acide sulfurique, l'acide phénique, le permanganate de potasse, enfin bon nombre de composés chimiques vendus dans le commerce sous le nom général de *préservateurs des céréales*. C'est en essayant la valeur d'un de ces composés, le germinateur du docteur Quarante-Descalonne, que nous avons été amené à essayer comparativement les autres substances.

On reproche au sulfate de cuivre, d'abord de détruire, en les empoisonnant, une certaine quantité de graines qui en sont imprégnées, proportion qui atteint souvent 15, 20 et 25 pour 100, ensuite de retarder la germination des autres graines, enfin de nuire à la santé des gens qui l'emploie.

Toutes les substances que nous avons mises en expérience (chaux, sulfate de soude, permanganate, vitriol bleu, sulfate d'ammoniaque, acide sulfurique, germinateur) sont d'une réelle efficacité comme cryptogamicides. C'est le germinateur du docteur Quarante, produit commercial encore peu répandu, à base de plomb, qui nous a

donné les meilleurs résultats sous le rapport de la rapidité de la levée et de la multiplicité des germinations (1).

II. Le blé ou froment est la céréale la plus généralement cultivée; sa production annuelle, pour le monde entier, oscille entre 700 et 710 millions d'hectolitres.

Voici sur ce sujet, à titre de document, qui n'est certes pas sans intérêt, la production totale du blé en 1886, relevé fait par le département de l'agriculture de Washington.

Europe :

Autriche	10 990 915 hectol.
Hongrie	37 152 706 —
Belgique	6 480 141 —
Danemark	1 658 036 —
France	104 687 667 —
Allemagne	28 700 000 —
Royaume-Uni	22 849 874 —
Grèce	1 680 000 —
Italie	45 294 247 —
Hollande	1 728 048 —
Portugal	2 880 070 —
Roumanie	7 920 172 —
Russie	74 867 479 —
Serbie	1 584 035 —
Espagne	46 081 000 —
Suède et Norwège	864 019 —
Suisse	576 013 —
Turquie	14 400 313 —
	410 892 727 hectol.

Amérique :

États-Unis	160 026 300 hectol.
Canada	13 026 731 —
République Argentine et Chili	10 080 219 —
	183 133 250 hectol.

(1) Voir *Journal d'agriculture pratique*, année 1887, t. II : *Recherches sur le chaulage et le vitriolage des graines de semence*, par Albert Larbalétrier.

Divers :

Australie	7 790 351 hectol.
Indes	90 411 171 —
Égypte	5 760 125 —
Algérie	11 520 250 —
	115 481 897 hectol.

Total général...... 709 007 874 hectolitres.

Voyons maintenant ce qu'est la culture du blé en France ; c'est notre production agricole la plus importante, celle qui, par conséquent, doit attirer particulièrement notre attention.

Le tableau suivant, que nous empruntons à M. A. de Foville (1), fait connaître, d'après les relevés officiels, le nombre d'hectares consacrés à la culture du blé (froment ou épeautre) et le nombre d'hectolitres obtenus, soit pour la France entière, soit par hectare, chiffre moyen :

Années.	Millions d'hectar. ensemencés en blé.	Millions d'hectol. de blé récoltés.	Nombre moyen d'hectolitres par hectare.
1815	4,6	39,5	8,6
1820	4,7	44,3	9,5
1825	4,9	61,0	12,6
1830	5,0	52,8	10,5
1835	5,3	71,7	13,4
1840	5,5	80,9	14,6
1845	5,7	72,0	12,6
1850	6,0	88,0	14,8
1855	6,4	72,9	11,4
1860	6,7	101,6	15,1
1865	6,9	95,8	13,8
1869	7,0	107,9	15,3
1871	6,4	69,3	10,8
1875	6,9	100,6	14,5
1880	6,9	99,5	14,6
1881	7,0	96,8	13,9
1882	6,9	122,1	17,7

(1) A. de Foville, *la France économique, statistique raisonnée et comparative*, p. 88 et suiv., 1887.

Années.	Millions d'hectar. ensemencés en blé.	Millions d'hectol. de blé récoltés.	Nombre moyen d'hectolitres par hectare.
1883.......	6,8	103,7	15,2
1884.......	7,0	114,2	16,2
1885.......	6,9	110,0	15,8
1886.......	7,0	105,4	15,0

M. Grandeau estime que les *bonnes années moyennes* donnent plus de 20 hectolitres à l'hectare dans 14 départements, de 18 à 20 dans 7, de 15 à 18 dans 23, de 13 à 15 dans 15, de 10 à 13 dans 14, et moins de 10 hectolitres dans 14 départements. Les extrêmes, en 1884, étaient : Seine-et-Oise, 29.4, et Creuse, 4.5.

Il ne s'agit, dans les chiffres qui précèdent, que du blé proprement dit. Sur certains terrains de qualité médiocre, on sème et surtout on semait, sous le nom de *méteil,* un mélange à proportions variables de froment et de seigle. De là certaines contradictions dans les statistiques officielles, dont les unes distinguent le méteil du blé, tandis que d'autres confondent ces deux cultures.

La culture du méteil tend d'ailleurs à disparaître, comme le montrent les chiffres suivants :

Années.	Millions d'hectar. ensemencés en méteil.	Millions d'hectol. de méteil récoltés.	Nombre moyen d'hectolitres par hectare.
1840.......	911	11,8	13,0
1852.......	573	8,2	14,3
1862.......	514	8,0	15,5
1873.......	503	6,3	12,5
1886.......	344	5,3	15,3

On voit, néanmoins, que le méteil ajoute encore quelques millions d'hectolitres aux récoltes de blé, telles qu'on les a chiffrées plus haut.

Les récoltes de blé les plus abondantes, eu égard à l'époque, ont été : sous la Restauration, celle de 1829 ; sous Louis-Philippe, celles de 1832, 1844 et 1847 ; sous Napoléon, celles de 1857 et 1858, 1863 et 1864, 1868 ; sous la

République, celles de 1872 (119 millions d'hectolitres), de 1874 (136 millions), et de 1882 (122 millions).

Les plus mauvaises années ont été : 1815, 1816, 1820, 1830, 1846, 1853, 1855, 1861, 1867, 1871, 1879 (79 millions d'hectolitres).

Pendant les années 1875 à 1881 inclusivement, le chiffre de 100 millions d'hectolitres, qui avait été dépassé d'un cinquième en 1872 et d'un tiers en 1874, est devenu un maximum.

Avec ces *sept vaches maigres*, pour parler comme l'histoire sainte, a commencé en France et dans toute l'Europe occidentale, la longue *crise agricole* qui dure encore et qui a provoqué la dépréciation des propriétés rurales. La situation était devenue tout à coup très difficile pour les cultivateurs ; plusieurs des récoltes de cette période n'étaient pas moins défectueuses comme qualité que comme quantité, et le producteur n'avait même pas la consolation de vendre cher le peu de grain dont il disposait, l'Amérique du Nord, et depuis, l'Inde anglaise, s'étant trouvées en mesure de jeter dans nos ports des montagnes de blé à des prix très modérés.

Les six dernières années (1881-1886) n'ont eu, au point de vue des récoltes, rien d'exceptionnel, ni dans un sens, ni dans l'autre ; elles font ressortir à environ 110 millions d'hectolitres (82 millions et demi de quintaux) la production actuelle de la France : c'est le double de ce que notre sol produisait vers 1820.

Ce doublement de nos récoltes est dû tout à la fois à l'augmentation des surfaces emblavées et à celle du rendement moyen (lequel cependant est encore très inférieur à ce qu'il pourrait devenir).

La quantité de blé utilisée comme semence a toujours été d'environ 2 hectolitres par hectare, et l'on peut dire, d'une manière générale, que 2 grains semés en produi-

sent aujourd'hui autant que 3 sous la Restauration (1). Le poids de l'hectolitre de blé a aussi un peu augmenté ; il varie, suivant les années, de 73 à 78 kilogrammes. On compte ordinairement, pour simplifier les calculs, 75 kilogrammes ou trois quarts de quintal par hectolitre. Les 110 millions d'hectolitres qui constituent annuellement la récolte moyenne, représentent donc de 80 à 85 millions de quintaux.

Le prix du blé, dans les siècles passés, était infiniment plus variable que de nos jours. Les cours présentaient parfois d'énormes différences, soit d'un pays à l'autre, soit d'une année à l'année suivante. Aux difficultés matérielles des transports s'ajoutaient, continue M. de Foville, pour paralyser le commerce des grains, d'innombrables prohibitions ou péages. De là de fréquentes disettes, souvent même d'affreuses famines.

Voici le prix moyen du blé par périodes quinquennales :

Périodes.	Prix moyens.	Périodes.	Prix moyens.
1811-1815.....	24f 05	1851-1855.....	22f 92
1816-1820.....	25 33	1856-1860.....	21 76
1821-1825.....	16 45	1861-1865.....	20 31
1826-1830.....	20 25	1866-1870.....	23 19
1831-1835.....	18 21	1871-1875.....	25 37
1836-1840.....	19 86	1876-1880.....	22 36
1841-1845.....	19 61	1881-1885.....	20 99
1846-1850.....	19 87	1886..........	16 00

Tout le monde a pu remarquer, dit M. Yves Guyot (2), qu'il suffit d'un faible déficit dans la récolte, c'est-à-dire dans la quantité de blé mise au marché, pour occasionner une hausse considérable dans le prix. En 1847, année où le déficit n'atteignit pas le quart d'une récolte ordinaire,

(1) A. de Foville, ouvr. cité.

(2) Voir *la Science économique*, par Yves Guyot, 1 vol. (Bibliothèque des sciences contemporaines), libr. Reinwald, Paris.

le prix monta successivement de 20 francs à 46 et 50. Tandis que la quantité offerte décroissait en progression arithmétique, le prix croissait en progression géométrique. De même, il suffit d'une faible augmentation dans la récolte pour faire baisser considérablement le prix. De 1847 à 1849, le prix du blé est descendu de 50 francs à 10 ou 12 francs, bien que l'excédent de la récolte ne dépassât point le déficit de l'année précédente.

Le blé, et, en général, les objets indispensables à la vie, sont ceux dont les prix peuvent monter le plus haut par le fait d'un déficit dans l'approvisionnement. Donc, lorsque le rapport des quantités de deux denrées offertes en échange varie en progression arithmétique, le rapport des valeurs de ces deux denrées varie en progression géométrique (1).

Il faut ajouter : l'exactitude de cette loi est en raison inverse de la facilité des moyens de transport (2).

Le droit de douane imposé aux blés étrangers, à leur entrée en France, a été quintuplé par la loi du 28 mars 1885, 3 francs par quintal au lieu de 60 centimes.

La loi du 29 mars 1887 a porté ce droit à 5 francs pour le froment, épeautre et méteil.

L'établissement de ces droits de douane a donné lieu à bien des discussions. En effet, si les blés de l'Amérique et de l'Inde sont produits à un prix de revient bien inférieurs à nos blés de France, il y a deux moyens de lutter contre eux. Ou bien élever les droits, ce qui a été fait, ou bien perfectionner nos méthodes de culture pour arriver à de très forts rendements, c'est le seul moyen de lutter; on y arrivera par l'application de la science à l'agriculture, par la culture scientifique ou raisonnée. *En attendant* que les connaissances agronomiques se diffusent,

(1) Molinari, *Questions de politique et de droit public*, t. I, p. 35.

(2) Yves Guyot, ouvr. cité.

que l'enseignement agricole pénètre partout, le droit de 5 francs pourra, dans une certaine mesure, protéger les agriculteurs français qui ont, en effet, de bien lourdes charges, comparativement aux producteurs américains qui produisent l'hectolitre de blé à 9 ou 10 francs, tandis qu'en France il est évalué à un prix qui varie de 18 à 22 francs. Nous touchons là à la brûlante question du libre-échange et de la protection, sur laquelle nous ne nous étendrons pas davantage, renvoyant nos lecteurs au bel ouvrage de M. Yves Guyot : *la Science économique*, où ils trouveront ce sujet traité avec tous les développements qu'il comporte (1).

Nous devons nous occuper maintenant de la culture productive et économique du blé selon la science agronomique.

Comme tous les végétaux, le blé ne végète qu'à partir d'une certaine température qui lui est propre; il suit, en cela, la loi commune que nous avons déjà formulée et développée ailleurs (2), cette loi pouvant être ainsi résumée :

« Pour une même région et une même variété, chaque végétal ne croît qu'à une température qui lui est spécifique. » Pour le blé, cette température est sensiblement de 6 degrés. Toutefois, certaines variétés de blé montrent des traces de végétation pendant des jours d'hiver où la température moyenne n'arrive qu'à 5 degrés; il n'en est pas moins vrai que la température initiale du blé est bien de + 6 degrés ; d'après M. E. Risler, elle semblerait même

(1) *La Science économique :* liv. II, ch. II, *le Commerce*, p. 342; ch. III, *les Crises commerciales*, p. 357. *Rôle de l'État*, p. 406; ch. II, *les Ressources et les Dépenses de l'État;* ch. III, *les Attributions de l'État.*

(2) F. Canu et Albert Larbalétrier, *Manuel de météorologie agricole, etc., etc., appliqués aux travaux des champs et à la physiologie végétale*, p. 14. 1 vol. Paris, 1885.

être plus élevée pour certaines variétés originaires de l'Angleterre et pour le blé hybride Galland. Cette observation du savant directeur de l'Institut agronomique confirme la loi énoncée plus haut, qui fait bien intervenir la notion de *variété*, en même temps que celle de la *région* déterminée. D'ailleurs, en voici la démonstration la plus convaincante :

M. Risler, pour déterminer la somme de degrés de température nécessaires pour la maturité du blé, a, suivant l'exemple de MM. A. de Candolle et Hervé Mangon, additionné toutes les températures moyennes de + 6 degrés depuis le jour de l'ensemencement jusqu'à la moisson. Voici les résultats que lui ont donné dix années d'observations pour le blé de Noé (tableau XXXIII.)

Dans le département de la Manche, à Sainte-Marie-du-Mont, M. Hervé Mangon a trouvé une moyenne de 2 365 degrés, c'est-à-dire 231 degrés de plus qu'à Calèves, où a opéré M. Risler (1).

Sur ces 2134°,5 qui forment la moyenne totale, il y en a :

140	à	160	qui ont été nécessaires pour la levée.	En moyenne	150
810	à	1080	pour former les feuilles...........	—	945
200	à	270	pour l'épiage et la floraison	—	235
780	à	840	pour la maturation...............	—	810
1930	à	2330°		En moyenne...	2140

Puisque la variété a une influence, nous devons dire un mot sur ce sujet si important, des meilleures variétés de blé qu'on préconise tant aujourd'hui, dans la culture à grands rendements ; car celle-ci opère nécessairement sur les variétés à grand rendement. Mais croire, dit M. Lecouteux (2), qu'il suffira de transporter dans un sol pauvre

(1) E. Risler, *Physiologie et Culture du blé*, 1 vol., 1886, p. 3 et suiv.

(2) E. Lecouteux, *le Blé, sa culture intensive et extensive*, p. 15, 1883.

Tableau XXXIII.

ANNÉES.	ÉPOQUES des semailles.	ÉPOQUES de la moisson.	SOMME DES TEMPÉRATURES moyennes supérieures à 6 deg. pour fleurir.	SOMME DES TEMPÉRATURES moyennes supérieures à 6 deg. pour mûrir.	JOURS de végétation de plus de 6 degrés	PROPORTION DES JOURS CLAIRS.	PLUIE ou NEIGE.	ÉVAPORATION PAR JOUR.	SOMME DES TEMPÉRATURES du sol à 0m,10 de profondeur.	SOMME DES TEMPÉRATURES du sol à 1 mètre de profondeur.	RÉCOLTE PAR HECTARE.
			Degrés.	Degrés.		P. 100	Millim.	Millim.			Hectol.
1866-1867.	9 octobre	15 juillet	1 422,25	2 068,81	158	44	1007,82	1,88	?	?	18
1867-1868	5 —	10 —	1 293,95	2 033,35	158	48	500,20	1,69	?	?	21
1868-1869.	10 —	20 —	1 340,55	2 214,55	170	54	783,77	1,85	?	2 490,2	34
1869-1870.	6 —	10 —	1 237,15	2 015,20	149	59	440,70	1,14	?	2 083,1	27
1870-1871.	11 —	30 —	?	2 195,35	173	49	834,65	1,95	?	2 338,7	33
1871-1872.	27 septem.	21 —	?	2 084,40	169	43	732,39	1,74		2 374,9	24
1872-1873.	13 octobre	20 —	?	2 213,15	183	44	782,16	1,58	2 334,12	2 465,7	22
1873-1874.	22 septem.	15 —	?	2 317,70	176	55	545,27	1,84	2 493,13	2 366,8	36
1874-1875.	15 octobre	20 —	?	2 069,35	146	62	756,15	1,98	2 287,33	2 156,8	18
1875-1876.	25 —	21 —	?	2 129,65	171	49	941,77	1,41	2 148,63	2 183,6	21
Moyennes..........			1 323,47	2 134,15	165	50,8		1,70	2 315,80	2 307,4	25,4

une plante de sol riche pour obtenir de cette plante violentée les hauts rendements qu'elle donnait dans les conditions culturales où tout la favorisait, c'est croire qu'un bœuf durham, habitué à un bon régime alimentaire, fera bonne figure sur de mauvaises pâtures ou devant une mangeoire garnie de paille seulement. En ce qui concerne ces variétés perfectionnées, voici le conseil le plus sage, il a été formulé par M. Henri Vilmorin (1) :

« Pour changer de semences, mieux vaut les demander à une terre moins riche que la terre où il s'agit de les introduire, par conséquent c'est une erreur de croire que les blés de semence doivent être trop pleins et trop beaux. »

Ceci posé, nous pouvons dire un mot sur les différentes espèces et variétés de blé.

M. Vilmorin admet sept espèces de blé :

Le blé ordinaire ou tendre (*triticum sativum*) ;

Le blé poulard ou à grain renflé (*triticum turgidum*) ;

Le blé dur ou à grain glacé (*triticum durum*) ;

Le blé de Pologne (*triticum Polonicum*) ;

L'épeautre (*triticum spelta*) ;

L'amidonnier (*triticum amyleum*) ;

L'engrain (*triticum monoccum*).

Les trois dernières espèces sont à grain vêtu.

C'est le blé ordinaire ou tendre qui domine en France. On en connaît quelques centaines de variétés.

Les blés poulards présentent tous des barbes ; toutes les variétés de ce blé sont d'automne.

Les blés durs appartiennent aux pays chauds.

Les blés de Pologne ont beaucoup d'analogie avec les précédents ; comme eux, ils sont très riches en gluten.

Les épeautres réussissent dans les terres maigres. A cause des balles qui adhèrent au grain, les épeautres sont

(1) H. Vilmorin, *les Meilleurs Blés*, p. 6, 1880.

d'un battage et d'un nettoyage difficiles. On distingue les épeautres à épi barbu et les épeautres à épi sans barbe.

Le *blé amidonnier* est surtout employé, comme son nom l'indique, pour la fabrication de l'amidon, à cause de la pellicule très mince de son grain.

Enfin, l'engrain est un blé très rustique, peu difficile sur le choix du terrain et qui talle abondamment.

Augmenter par la sélection le nombre des épis et des grains qu'il contient, fait observer M. Proost, sans préjudice de la qualité, tel est le but que doit viser l'agriculteur. L'observation établit que le nombre des épis, que l'on sème clair ou dru, est en moyenne par hectare de 3 125 000; la moyenne des grains est de vingt-deux par épi.

Mais si l'on sème avec discernement à des époques et à des distances convenables, on obtient des améliorations extraordinaires. M. Hallett a constaté que les grains, plantés en septembre à neuf pouces d'intervalle, tallent avec tant d'énergie et d'une façon si heureuse, qu'ils donnent douze fois autant d'épis qu'un grain semé dru, auquel l'air et la lumière n'ont point suffisamment accès; et, avec douze fois moins de semence, on obtient autant d'épis qui contiennent plus du double, c'est-à-dire quarante ou cinquante grains (1).

Parmi les nouvelles variétés de blé les plus en renom, il nous faut mentionner :

Le *blé blanc de Flandre ou de Bergues*, qui a l'épi blanc, presque carré, le grain blanc un peu oblong, la paille, blanche et ferme. C'est un blé très productif, mais qui demande des terres riches.

Le *Nursery*, qui convient aux terres riches et profondes; il est de haute taille, sa paille est solide; le grain a l'écorce fine;

(1) A. Proost, *Manuel de chimie agricole.*

Le *Goldendrop* ou goutte d'or est une des variétés les plus estimées ; il donne un grain rouge très long avec une paille longue. Son grain est riche en gluten, ce qui est assez rare chez les blés anglais. Le goldendrop talle très bien ; il demande des terrains riches ;

Le *blé Hallett*, dont l'épi est de couleur fauve ; très fort, long et aplati, grain jaune — paille haute, forte et creuse.

Le *blé roseau*, dont la paille est blanche, droite, raide de hauteur moyenne ; l'épi est blanc ou grisâtre, compact et presque carré.

Le *blé Sheriff*, *square head*, à paille blanche, ferme de hauteur moyenne ; épi blanc, carré, grain jaune ; répandu surtout en Allemagne, variété très productive, résistant bien au froid.

Les autres variétés les plus répandues sont : le *blé Hunter*, le *blé bleu de Noé*, le *blé rouge de saint Laud*, le *Challenge*, le *blé de Saumur*, le *blé Victoria*, le *blé Spalding*, etc., etc.

Le *Chiddam* donne un excellent grain, mais sa paille est trop peu élevée.

M. Vilmorin a appliqué le métissage pour corriger les défauts de quelques variétés. Voici comment il procède :

Dès que le développement des épis fait prévoir une floraison très prochaine, on enlève délicatement, avec des pinces fines, les trois étamines encore vertes des fleurs à féconder. Le lendemain, on vient avec des étamines mûres du blé porte-pollen, et, entr'ouvrant les fleurs préparées la veille, on y verse le pollen dont on s'est muni. L'opération demande de l'attention et une certaine légèreté de main, mais en somme elle n'offre pas de difficulté véritable et réussit presque toujours.

C'est ainsi que M. Vilmorin a créé le *Dattel*, en croisant le Chiddam avec le Prince-Albert, puis en fixant cette

variété par une sélection attentive. Le dattel a toutes les qualités du Chiddam d'automne sans avoir son défaut de donner très peu de paille.

En croisant le *blé de Noé* avec le *Prince-Albert*, il a obtenu le *Lamed,* blé hâtif, à épis forts, à grain gros, rouge, pâle, très plein et lourd.

En croisant le *blé de Noé* avec le *blé de Bergues*, il a créé l'*Aleph,* qui talle énormément, présente des épis allongés et un grain très nourri ; il est toutefois un peu tardif.

Nous donnons ci-joint, sous forme de tableau, les rendements en grain et en paille des principales variétés de blé à grands rendements, cultivés par MM. Florimond, Desprez, à Capelle (Nord), MM. Grandeau et Thiry, à Tomblaine, près Nancy, M. Cordier, à Saint-Remy (Haute-Saône). (Tableau XXXIV.)

Un excellent choix de semence influe beaucoup sur la beauté des récoltes de blé. Il faut donc essayer comparativement, conseille M. L. Gossin, quelques-unes des meilleures variétés qu'on peut trouver; puis, se déterminer en faveur de celles qui se montrent tout à la fois les plus productives et les plus robustes contre les intempéries du climat sous lequel on opère. Si ces variétés dégénèrent, on en renouvelle la semence tous les trois ou quatre ans, dans les pays où elles se conservent.

La dégénérescence, du reste, provient souvent de ce que les blés réservés comme reproducteurs n'ont pas été traités de la manière la plus convenable.

Pour l'espèce froment, ainsi que pour toute autre, il faut que les porte-graines, suffisamment isolés les uns des autres, puissent prendre un développement complet ; cette vigueur se transmet ensuite héréditairement. Or, les récoltes épaisses de blés semés à la volée et non sarclés, ne répondent nullement à cette condition. Dans chaque ferme il faudrait donc que les blés destinés à la repro-

duction fussent semés en lignes, puis sarclés, enfin récoltés à maturité parfaite. Ensuite le battage doit s'effectuer à la main, et il ne convient d'égrener alors que les épis des plus longues tiges. Enfin, à l'aide de cribles on enlève les grains petits et imparfaits, ainsi que les semences si nuisibles d'ivraie, de brome, de seigle, du mélampyre et de nielle.

Tableau XXXIV.

NOMS des VARIÉTÉS.	M. FLORIMOND-DESPREZ, à Capelle (Nord). — Rendement à l'hectare en		MM. GRANDEAU ET THIRY, à Tomblaine (Meurt-et-Mos.) — Rendement à l'hectare en		M. CORDIER, à Saint-Remy (Haute-Saône). — Rendement à l'hectare en	
	grain.	paille.	grain.	paille.	grain.	paille.
	k	k	quint.	quint.	hectol.	
Blé Goldendrop...	»	»	25,86	62,32	36	7 200
Blé Rosau........	3 921	6 730	»	»	32	4 500
Square head......	»	»	34,71	57,70	k	»
Blé Chiddam......	2 991	6 228	18,31	38,23	3 463	4 714
Blanc de Flandre..	3 308	7 455	21,02	38,32	3 067	6 803
Victoria	»	»	19,97	52,50	2 828	3 333,33
Bordeaux.........	»	»	30,48	48,00	»	»
Haie.............	»	»	29,57	65,00	2 222	5 000
Lamed	3 150	5 955	30,33	61,66	»	»
Dattel...........	»	»	31,79	58,76	»	»
Schireff blanc. ...	3 805	6 990	»	»	»	»
— rouge.....	3 806	5 280	»	»	»	»
Roux Nursery.....	3 150	8 320	»	»	»	»
Australie.........	4 048	7 850	30,20	73,21	»	»

La plupart des cultivateurs s'attachent à n'employer que des blés récoltés l'année même. Lorsque la semence de deux ans a été conservée au grenier sans aucune fermentation, il n'y a cependant aucun inconvénient à s'en servir. Elle germe, sans doute, plus lentement que le blé nouveau, mais elle présente cet avantage, que les grains im-

parfaits ont perdu leurs facultés germinatives, et qu'ainsi les plantes obtenues sont particulièrement vigoureuses dans leur ensemble.

Quelques personnes conseillent de réunir dans les semis du froment destiné à la consommation, trois ou quatre variétés différentes mûrissant à la fois. En effet, le produit de ces mélanges est ordinairement plus élevé que celui des variétés que l'on cultive isolément (1).

Comme le dit fort justement M. Grandeau, « la culture du blé est et doit rester la principale culture de notre pays. On chercherait en vain à lui en substituer une autre, sur une grande partie des 7 millions d'hectares qu'elle occupe en France. La rendre rémunératrice dans les conditions actuelles du prix vénal du blé, tel est le point capital sur lequel doivent porter les efforts des cultivateurs.

« Ce résultat sera atteint par la diminution du prix de revient du quintal de froment dû à l'accroissement des rendements. Nous avouons, dit encore M. Grandeau, ne pas connaître de remède plus efficace à apporter à la situation dont se plaint, à si juste titre, l'agriculture. Augmenter les rendements, presque tout est là. »

Que faut-il pour y arriver?

1° Choisir une variété à grands rendements appropriée au sol et au climat;

2° Réduire les emblavures aux sols aptes à porter le blé;

3° Emploi d'engrais chimiques appropriés, employés concurremment avec le fumier de ferme, et appliqués immédiatement avant le blé;

4° Choisir de bonnes graines de semence et emploi du semoir partout où la chose est possible.

(1) L. Gossin, *Encyclopédie pratique de l'agriculture*, t. VII, article Froment.

En effet, le froment, comme les autres céréales, peut être semé ou à la *volée* ou en *lignes*. Quel est le meilleur système à adopter? M. L. Gossin a fort bien résumé cette importante question. Voici comment il s'exprime :

Le semis à la volée, le plus usité, doit être préféré :

1° Dans toutes les parties sèches du midi de la France, parce que l'aridité du climat empêche la céréale de taller, et qu'il faut, pour couvrir le terrain, un semis plus dur que ne peut l'être le semis en lignes; 2° sous un ciel moins sec, lorsque le blé, semé tard, ne doit pas commencer à taller dès avant l'hiver; il faut alors que les pieds, très rapprochés les uns des autres, couvrent le sol sans beaucoup s'étendre; car le tallement printanier tardif doit toujours être évité; 3° si la terre n'est pas assez ameublie pour permettre d'effectuer régulièrement le semis en lignes; 4° s'il reste encore dans le sol quelques chiendents ou autres graminées vivaces; 5° si l'on craint de ne pouvoir au printemps faire sarcler le champ sans frais excessifs.

Se trouve-t-on, au contraire, dans une région où le tallement est favorisé, au printemps, par une température douce et fraîche, et le semis se fait-il assez tôt pour que cette multiplication de tiges soit très prononcée dès avant l'hiver; la terre est-elle parfaitement ameublie et nettoyée; a-t-on certitude de pouvoir faire sarcler la céréale à peu de frais; avec un tel concours de circonstances, le semis en lignes présente plusieurs avantages : économie de semence; végétation plus vigoureuse; moins de tendance des variétés à dégénérer; plus de solidité des tiges, et moins de danger de versement; un quart à un dizième de produit en plus; netteté particulière du sol après la moisson; récolte entièrement pure de graines nuisibles. L'espacement des lignes doit être de 20 à 25 centimètres, et il peut, à l'avantage du cultivateur, être d'autant plus grand

que le semis a lieu plus tôt, que le climat favorise mieux le tallement, que le sol est plus riche, que la variété de blé est plus disposée à s'étendre.

Comme les froments de mars tallent toujours très peu, nous ne conseillons pas de les semer en lignes.

Le champ de blé est bien garni et très productif lorsqu'il présente, par mètre carré, 250 à 300 tiges venues en bonne saison ; 200 tiges par mètre donnent encore un produit satisfaisant ; moins de 150 tiges constituent des récoltes médiocres, au milieu desquelles les plantes nuisibles pullulent presque toujours. Il est donc très important d'éviter les semis trop clairs. Il faut, d'autre part, se garder de semer trop dru. En effet, si les pieds sont excessivement serrés ils se gênent réciproquement; plusieurs périssent, et ceux qui restent souffrent de la lutte qu'ils ont à soutenir. D'ailleurs il se trouve du grain dépensé en pure perte (1).

La culture du froment donne deux produits, le grain et la paille. Le rapport pondéral du grain à la paille a son importance. Pour les récoltes de 20 à 25 hectolitres de froment par hectare, c'est une ancienne habitude de doubler le poids du grain pour avoir le poids de la paille. Quelquefois, pour ces récoltes, on compte 210 kilos de paille pour 100 kilos de grain battu et nettoyé. Mais il est à remarquer, avec les chiffres de M. l'inspecteur général de l'agriculture, G. Heuzé, que le poids de la paille, proportionnellement au grain, diminue à mesure que la récolte en grain s'élève.

Voici les chiffres donnés par M. Heuzé (2) :

(1) L. Gossin, ouvr. cité.

(2) G. Heuzé, *les Plantes alimentaires*, t. I.

Produit à l'hectare. Hectolitres.	Poids par hectare.		Paille par 100 kilog. de grain.
	Grain.	Paille.	
16...........	1 248 k.	3600 k.	288 k.
20...........	1 500	4 000	256
25...........	1 950	4 500	230
30...........	2 340	5 000	210
35...........	2 730	5 500	201

La menue paille (les balles) compte pour un dixième dans le poids de la paille. En conséquence, pour une récolte de 4 000 kilos paille, il faut compter 3 600 kilos paille et 400 kilos balles (1). D'ailleurs, comme nous l'avons déjà vu, le rapport de la paille au grain est encore influencé par la variété de blé. Ainsi M. Ginon a obtenu les chiffres suivants avec six variétés, en 1884 et 1885 :

	Grain.	Paille.
Blé de Noé..................	1 160 k.	2 915 k.
— Victoria..................	1 467	3 322
— Chiddam..................	1 522	2 940
— Prince-Albert.............	1 585	2 915
— Saumur..................	1 675	3 147
— Goldendrop.......	1 703	3 410

Cette considération est intéressante, car, comme le fait remarquer M. Grandeau, le prix de revient du blé est sensiblement influencé par la quantité de paille, les plus bas prix correspondant directement aux quantités de paille récoltées, mais le bénéfice net résulte surtout du nombre de quintaux de grain obtenu à l'hectare (2).

En donnant les généralités relatives à la culture des céréales, au commencement de ce chapitre, nous avons parlé des engrais nécessaires au blé, nous devons revenir sur ce sujet, pour signaler ce fait, qui peut paraître étonnant au premier abord, d'une culture de blé sans fumier

(1) E. Lecouteux, *le Blé, sa culture intensive et extensive.*

(2) L. Grandeau, *Etudes agronomiques*, 1885-1886.

ni bétail, sur lequel M. A. Proost a appelé l'attention dans son *Manuel de chimie agricole :*

Depuis 1871, les fermes de Blout et de Sweetden, près de Harlow, d'une contenance de 180 hectares, sont cultivées au moyen des engrais chimiques à l'exclusion du fumier. Elles n'ont pas d'animaux et vendent leurs récoltes sur pied, paille et grains. Les engrais s'achètent à raison de 150 francs l'hectare et sont composés d'os, de nitrate de soude, de guanos, sous le contrôle du docteur Vœlcker, le chimiste de la Société royale de Londres.

Ces os, pulvérisés et humectés, sont mélangés à la ferme avec la moitié de leur poids de phosphates minéraux. Après une fermentation de trois mois, les os sont dissous par l'acide libre des phosphates.

Les sols argileux ont été modifiés au préalable par le drainage et les labours profonds. L'emploi *exclusif* et raisonné des engrais artificiels a modifié favorablement la constitution du sol et réduit *les frais* de culture. M. Prout réalise un bénéfice moyen de 115 francs par hectare, tout en payant un loyer assez élevé de 125 francs.

M. Middleditch à Blundsdon, près Swindon, suit la même voie depuis 1876, et tire de sa terre un bénéfice de 167 francs par hectare dans les mêmes conditions.

Voici les chiffres des produits des ventes de blé par hectare dans les deux exploitations :

Chez M. Prout, en 1868......	919 fr. par hectare.
1869......	896
1870......	949
1871......	935
1872......	689
1873......	652
1874......	680

Chez M. Middleditch, les produits ont dépassé parfois 1 000 et 1 050 francs par hectare.

Ces remarquables expériences ont été publiées par la Société royale d'agriculture de Londres et traduites par un membre de la Société nationale d'agriculture de France (1883).

Toutefois cette culture du blé sans fumier ni bétail est une exception, et c'est à ce titre surtout que nous la signalons.

III. Les autres céréales dont nous ayons à nous occuper, sont : le seigle, l'orge, le maïs, l'avoine et le sarrasin. En 1883, ces cultures se décomposaient de la manière suivante en France :

	Milliers d'hectares ensemencés.	Millions d'hectol. récoltés.
Seigle	1,723	25,6
Orge	1,016	19,2
Maïs	598	9,8
Avoine	3,677	90,0
Sarrasin	629	10,7

Comme on le voit, c'est le seigle qui vient immédiatement après le froment; toutefois, la culture du seigle tend à se réduire de plus en plus, comme nous l'avons d'ailleurs déjà vu, les progrès de l'agriculture ont pour conséquence de transformer, en les améliorant, les terres à seigle en terres à froment.

Le seigle est donc par excellence la céréale des pays pauvres.

Les variétés de seigle sont loin d'être aussi nombreuses que les variétés de froment; cela tient à ce qu'elles n'ont pas de stabilité, par ce fait, que les fleurs voisines se fécondent entre elles.

Le seigle *ordinaire* ou seigle d'hiver se sème en automne et se récolte en juillet. Le *trémois* ou seigle de mars se sème au printemps ; il talle beaucoup moins que le précédent, son grain est moins beau et sa paille plus courte ; il est peu cultivé.

Le seigle supporte les froids rigoureux, à la condition toutefois qu'il ait déjà formé son pivot, c'est-à-dire lorsqu'il a reçu environ 600 degrés. Il commence à végéter à + 6 degrés et fleurit à 14 degrés. La maturité du seigle est complète lorsqu'il a reçu environ 2 300 degrés depuis la semaille. Comme il est très précoce, disent MM. Magne et Baillet (1), il mûrit avant la chaleur, et donne de bons produits dans les sables et dans les pays chauds, où le blé, plus tardif, est arrêté par la sécheresse et ne produit que des grains maigres et durs. En Afrique, on a des seigles dont le grain est d'une si belle apparence, si bien nourri, qu'on a pu souvent le confondre avec celui du blé, qui, comme on sait, a dans ces régions de la tendance à devenir dur.

Le grain de seigle est moins riche en azote que le froment, il en est de même de la paille. On trouve dans le grain de seigle une substance gommeuse et de la graisse, formant un mélange très hygroscopique qui maintient longtemps frais le pain fait avec sa farine.

Voici d'ailleurs, d'après Johnston, la composition chimique moyenne du grain et de la paille de seigle :

	Grain.	Paille.
Potasse	22,00	17,30
Soude	11,60	0,30
Chaux	4,90	9,00
Magnésie	10,30	2,40
Oxyde de fer	1,30	1,40
Acide phosphorique	49,50	3,80
Acide sulfurique	0,90	0,80
Silice	0,40	64,50
Chlore	»	0,50
	100,00	100,00

Le seigle donne un produit en grain qui oscille entre

(1) Magne et Baillet, *Traité d'agriculture pratique*, t. II.

8 et 35 et même 40 hectolitres, et 2000 à 6000 kilogrammes de paille par hectare.

La paille de cette céréale est grande, forte et solide, elle est surtout réservée pour la confection des liens, paillassons, brise-vent, ruches, etc. Le rapport du grain à la paille est de : 100 kilogrammes: 215 kilogrammes.

Ainsi que le fait remarquer M. Gobin (1), on cultive presque partout maintenant, en France, le seigle comme fourrage vert, à cause de sa précocité ; mais il faut commencer à le faucher de bonne heure, c'est-à-dire dès que les premiers tuyaux sont montés, parce qu'il durcit rapidement. C'est aux vaches laitières et aux bœufs de travail qu'il convient le mieux.

Les variétés d'*orges* sont fort nombreuses, toutes peuvent être ramenées aux quatre espèces suivantes :

1° L'*orge commune* ou orge carrée, dont les grains sont disposés sur six rangs ne présentant aucune régularité, mais affectant un aspect carré en raison des deux rangées médianes qui sont moins saillantes. Cette espèce ne supporte pas le froid, aussi est-elle semée souvent au printemps. Une des principales variétés est l'*escourgeon*, qui a un épi court, s'égrenant facilement lorsqu'il est mûr ; cette variété supporte mieux le froid, aussi est-elle la plus communément cultivée comme orge d'hiver. L'escourgeon ne verse pas, même dans les sols les plus fertiles. L'*orge noire*, ainsi nommée à cause de ses épis à grains noirs ou bleuâtres, appartient aussi à cette espèce, elle est très précoce ;

2° L'*orge à six rangs* présente six rangées également saillantes séparées par des sillons profonds ; c'est une orge d'hiver, toutefois elle redoute les grands froids. L'*orge céleste* appartient à cette espèce ; ses grains, difficiles à

(1) Moll et Gayot, *Encyclopédie pratique de l'agriculteur*, t. XII, art. SEIGLE.

détacher de l'épi, tombent nus sous le fléau, comme ceux du froment.

3° L'*orge à deux rangs*, ou pamelle, a des grains adhérents à la balle, disposés sur deux rangs. L'épi est allongé; elle est productive et donne un bon grain. Elle supporte bien le froid ; c'est l'orge de printemps, la plus communément cultivée ;

4° L'*orge éventail*, ou orge à large épi, a, comme l'indique son nom, l'épi disposé en éventail ; ses grains restent adhérents à la balle ; elle résiste bien au froid ; cette espèce est peu répandue.

L'orge enlève au sol, d'après MM. Girardin et Dubreuil (1), une plus forte proportion de principes minéraux fixes, notamment de potasse, de chaux, de magnésie et d'acide phosphorique, que le froment et le seigle. Il faut donc, par des amendements et des engrais convenables, fréquemment répétés, rendre au sol, à chaque récolte, les substances minérales dont il a été appauvri. Les amendements calcaires et alcalins, les engrais organiques riches en sels, et surtout les fumiers bien consommés, sont ceux qu'on doit préférer. En Flandre, on emploie les engrais liquides comme mieux appropriés à la rapidité de végétation de l'orge.

Il faut éviter les engrais animaux trop abondants, parce qu'ils poussent à la paille et diminuent le produit en grain.

L'orge d'hiver absorbe, dans la terre, 311 kilogrammes de fumier par hectolitre de grain produit en sus de la semence. En portant le rendement moyen de l'hectare à 38 hectolitres, y compris la semence, et en admettant que l'hectolitre pèse 64 kilogrammes, on trouve que la production du grain s'élève à 2 432 kilogrammes par hectare. Si l'on y joint les 2 500 kilogrammes de paille habituelle-

(1) *Traité élémentaire d'agriculture*, t. I.

ment produits par cette surface, on a un poids total de 4 932 kilogrammes. La quantité de fumure enlevée au sol étant de 10 885 kilogrammes par hectare, il s'ensuit que cette récolte enlève à la terre environ 220 kilogrammes de fumier pour 100 kilogrammes de grain et de paille récoltés.

Nous avons donné, au commencement de ce chapitre, d'après Vœlcker, la composition du grain d'orge ; voici, d'après le même auteur, la composition de la paille :

Eau	17,50
Huile	1,17
Albumine et matières protéiques (1)	5,37
Gomme, sucre, mucilage et matières extractives solubles	71,44
Matières inorganiques insolubles	4,52
(1) Contenant en azote	0,86

Le grain d'orge ne sert plus guère à la nourriture de l'homme, mais il convient aux bestiaux, il sert surtout pour la brasserie. La paille est donnée aux animaux.

L'orge destinée au maltage mûrit généralement plus longtemps en terre que les autres céréales ; c'est pourquoi sa paille est moins nourrissante que si elle avait été coupée plus tôt. D'après Vœlcker, la paille d'orge, à l'état normal de maturité, est supérieure à celle du froment, plus riche en composés albuminoïdes, et plus appropriée, à cause de sa teneur en matières azotées et de sa texture, à la nourriture des jeunes animaux.

Le *maïs* est surtout cultivé dans les départements du Midi. Nous en produisons maintenant environ 10 millions d'hectolitres par an (10706819 hectolitres en 1877), ce qui est insuffisant pour notre consommation, car nous en importons plus de 3 millions de quintaux par an, qui viennent surtout d'Amérique.

Les variétés de maïs sont excessivement nombreuses ; citons parmi les principales :

Dans les maïs à grain jaune : le *maïs quarantain,* ainsi nommé parce qu'il mûrit très rapidement ; le *maïs à poulet,* qui est très précoce (il donne deux récoltes par an) ; le maïs d'*automne* ou maïs tardif. Dans les maïs à grain blanc : le *maïs blanc des Landes;* le *maïs caragua* ou dent de cheval, encore appelé *maïs géant,* dont les grains sont larges et aplatis ; il est très tardif ; aussi est-il de préférence cultivé comme fourrage.

Parmi les maïs à grain rouge, nous ne citerons que le *maïs rouge*, qui est très robuste.

Le maïs est très sensible au froid. D'après le docteur Crud, cette plante absorbe près de 500 kilogrammes de fumier par hectolitre de grain produit, ou par 70 kilogrammes de grain et 120 kilogrammes de paille.

Le maïs est très productif, il donne de 40 à 70 hectolitres par hectare ; il fournit en outre des tiges ou paille, des spathes et des rafles. Pour 100 kilogrammes de grain on a 98 kilogrammes de tiges, 26 kilogrammes de spathes et 48 kilogrammes de rafles.

Le grain de maïs, riche en matières grasses, en amidon et en azote, est très employé pour l'engraissement des animaux. Il sert également à la nourriture de l'homme, on en fait une farine très estimée.

L'*avoine* n'est plus guère cultivée aujourd'hui que pour l'alimentation des chevaux.

L'avoine est la céréale des pays froids et brumeux, elle convient surtout aux terres argileuses ; les sécheresses prolongées du printemps constituent la seule intempérie qui lui soit réellement pernicieuse.

Les variétés d'avoine sont très nombreuses ; elles appartiennent à plusieurs espèces distinctes :

1° L'*avoine commune,* qui offre deux variétés : l'avoine de printemps qui est la plus généralement cultivée, et l'avoine d'hiver qui est à grain plus lourd.

L'avoine de Sibérie appartient à cette espèce ; il en est de même de l'avoine noire de Brie, qui est à grain noir et qu'on sème au printemps.

2° L'*avoine nue* ou avoine de Tartarie est caractérisée par ses glumes qui sont plus courtes que l'épillet ; elle est rustique ;

3° L'*avoine unilatérale* ou avoine à grappes, encore appelée *avoine de Hongrie*, est très productive, mais ses produits sont de médiocre qualité.

Les autres espèces sont moins importantes.

La composition des avoines est essentiellement variable, non seulement avec les espèces et variétés, mais surtout avec les provenances, c'est-à-dire avec la nature des sols qui les ont produites ; les éléments les plus précieux qui entrent dans leur composition, la matière azotée et la matière grasse, varient dans des proportions très notables.

Voici, d'après MM. Grandeau et Leclercq, les résultats d'analyses faites sur des échantillons de provenance et de récoltes diverses, les écarts entre l'avoine la plus riche et l'avoine la plus pauvre :

	Maxima.	Minima.
Eau	15,50	8,50
Matières azotées	12,50	7,12
Matières non azotées	64,65	48,60
Matières grasses	7,15	2,77
Cellulose	14,86	6,70
Matières minérales	6,14	2,06

MM. Müntz et A.-Ch. Girard, dans leurs recherches sur l'avoine (1), ont distingué dans le grain d'avoine, tel qu'il est consommé par les animaux, deux parties bien distinctes, dont la composition et la valeur alimentaire sont différentes : le grain et l'enveloppe extérieure (glumelles). Ayant analysé séparément ces grains et ces balles sur des

(1) *Recherches sur la valeur alimentaire de l'avoine* (*Annales de l'Institut national agronomique*, 7e année, n° 8, 1882-83).

avoines de diverses provenances, de qualité et de densité différentes, ils ont obtenu, quant aux poids relatifs de ces deux parties, les résultats suivants :

	Grains.	Balles.
Avoine blanche de Russie....	66,6 0/0	33,4 0/0
— noire de Suède.......	69,4	30,6
— de Suède	68,8	31,2
— d'Étampes............	75,4	24,6
— d'Avallon	73,9	26,1
— du Morvan...........	71,7	28,3
— d'Espagne............	68,3	33,7
— de Russie............	70,0	30,0
— de Beauce............	69,6	30,4
— de la mer d'Azow.....	69,2	30,8
— de Russie (1877)......	70,8	29,2
— de Norwège..........	72,3	27,7

Les grains et les balles ont été analysés séparément, et ont donné les résultats suivants :

Tableau XXXV.

	POUR 100 DE MATIÈRE SÈCHE DANS LES GRAINS.						
	Matières grasses.	Cendres.	Matières azotées.	Sucre.	Amidon réel.	Cellulose saccharifiable.	Cellulose brute.
N° 1. Dammartin .	8,84	2,84	15,31	0,92	40,59	4,00	2,44
2. Avallon.....	4,72	2,30	11,36	0,67	54,32	2,55	1,96
3. Beauce.....	8,65	2,36	14,50	0,92	54,50	4,00	2,49
4. Russie......	5,16	2,24	15,65	0,80	61,38	2,87	2,16
5. Espagne....	10,88	1,31	13,49	1,14	58,00	3,78	1,80
POUR 100 DE MATIÈRE SÈCHE DANS LES BALLES.							
N° 1. Dammartin .	2,02	8,07	4,97	»	»	27,90	22,50
2. Avallon.....	1,27	6,40	2,93	»	»	29,89	25,28
3. Beauce.....	1,81	7,62	4,13	»	»	28,10	30,26
4. Russie......	1,74	7,85	5,58	»	»	31,08	26,00
5. Espagne....	1,66	8,30	5,25	»	»	31,98	33,20

On a déterminé également l'humidité dans le grain et

la balle de mêmes avoines et on a obtenu les chiffres suivants :

Humidité.	Dans 100 de grains.	Dans 100 de balles.
Avoine de la mer d'Azow........	10,70	9,8
— —	11,38	10,7
Avoine de Russie ensilée........	13,90	11,6
— à l'air.........	13,3[illegible]	11,9

La balle a donc été, dans tous les cas examinés, plus sèche que ne l'était le grain ; MM. Müntz et Girard ont fait en outre l'analyse des avoines en nature. Enfin, ils sont arrivés aux conclusions suivantes :

Le grain contient les éléments nutritifs par excellence, la matière azotée, la graine, l'amidon y sont concentrés et ne se trouvent qu'en quantité infime dans la balle. Le grain d'avoine dépouillé de cette enveloppe est aussi riche en matière azotée et en amidon que le grain de blé lui-même ; il a, en plus, une forte proportion de matière grasse, qui peut s'élever à près de 11 pour 100. Quant à la balle, sa composition est très voisine de la paille ordinaire, sa valeur nutritive est donc excessivement faible ; il ne s'ensuit pas toujours qu'une avoine, dans laquelle le poids du grain comparé à celui de la balle est très élevé, soit pour cela d'une valeur nutritive plus grande, parce que la composition du grain varie notablement et qu'il peut arriver, comme c'est le cas dans ces expériences, que les avoines ayant un poids de grain plus élevé, doivent surtout cette augmentation à une forte proportion d'amidon. Cependant, en général et surtout pour les produits d'un même pays, on peut se faire une idée approximative de la valeur de l'avoine, en pesant d'un côté le grain proprement dit, de l'autre son enveloppe ; plus le poids de cette dernière est élevé, plus l'avoine contiendra de produits plus utilisables par l'organisme, pareils à ceux qui se trouvent dans la paille.

M. Garola, professeur d'agriculture du département d'Eure-et-Loir, a également étudié les avoines; en les rangeant d'après leur coloration il a obtenu pour la composition du grain, tel qu'on l'obtient dans la pratique, les chiffres suivants (1) :

Avoines.	Poids du litre.	Nombre de grains par litre.	Nombre de grains par kilog.	Glumelles.	Amandes.
Blanches..	507	18029	36600	31,1 0/0	68,9 0/0
Grises.....	489	18022	38260	25,3	74,7
Noires....	479	17370	36215	26,2	73,8

La valeur nutritive des avoines n'est donc pas en rapport direct avec le poids de l'hectolitre.

Outre les substances dont nous avons parlé, l'avoine contient, dans son péricarpe, une matière particulière qui jouit de la propriété d'exciter le système nerveux moteur et qui fait que l'avoine est employée depuis des siècles pour donner au cheval de la vivacité et de la vigueur, tout au moins dans nos pays tempérés, car dans les pays chauds l'avoine, dans ce cas, est remplacée par de l'orge.

M. A. Sanson, professeur à l'École nationale de Grignon et à l'Institut agronomique, a fait des recherches fort intéressantes sur ce principe excitant de l'avoine; il est arrivé aux conclusions qui suivent :

Le péricarpe du fruit de l'avoine contient une substance soluble dans l'alcool, qui jouit de la propriété d'exciter le système nerveux moteur. Un auteur, cité par MM. Magne et Baillet, et dont il m'a été impossible de me procurer le travail original, dit M. Sanson, avait, paraît-il, déjà supposé l'existence de cette substance, mais en la considérant comme un principe aromatique analogue à celui

(1) *Bulletin du ministère de l'agriculture*, 1887, numéro de décembre : *Contribution à l'étude de l'avoine*, par M. Garola, p. 843 et suiv.

de la vanille. Elle n'a même avec ce principe aucune analogie. C'est une matière azotée, dont la formule est probablement celle d'un alcaloïde comme ceux de l'opium, de la noix vomique, etc., et que je propose de nommer *avénine*. Toutes les variétés de l'avoine cultivées paraissent aptes à élaborer la substance ainsi définie par sa propriété physiologique ; mais il est certain qu'elles possèdent cette aptitude à des degrés très différents. Les différences ne sont point qualitatives, mais seulement quantitatives : la substance élaborée est identique dans toutes les variétés. Ces différences ne dépendent pas seulement de la variété de la plante, elles dépendent aussi du lieu où celle-ci a été cultivée. Les avoines de variété blanche contiennent moins de principe excitant que celles de variété noire ; mais pour certaines des premières, notamment pour celle cultivée en Suède, la différence est minime ; elle est au contraire considérable pour d'autres, notamment pour celles cultivées en Russie.

Au-dessous de la proportion de 9 de principe excitant pour 1 000 d'avoine séchée à l'air, la dose est insuffisante pour exciter le cheval ; à partir de cette proportion, l'action excitante est certaine.

On ne peut pas attribuer ou refuser avec certitude à l'avoine la propriété excitante, d'après sa variété de couleur, attendu que certaines blanches la possèdent sûrement et que certaines noires en peuvent être dépourvues. Le dosage du principe excitant, en prenant pour base la proportion qui vient d'être indiquée, donnera donc seul un moyen certain d'appréciation ; toutefois, il y a de fortes probabilités pour que les avoines blanches, d'une provenance quelconque, soient moins excitantes que les noires ou ne le soient pas du tout.

L'aplatissement du grain d'avoine ou sa mouture, affaiblit considérablement sa propriété excitante, en altérant,

selon toutes probabilités, la substance à laquelle cette propriété est due ; avec l'avoine aplatie, l'action est plus prompte, mais beaucoup moins forte et moins durable. Cette action immédiate et plus intense avec le principe isolé, se fait attendre quelques minutes avec l'avoine entière ; dans les deux cas, elle va se renforçant jusqu'à un certain moment, puis s'affaiblit et se dissipe ensuite. La durée totale de l'effet d'excitation a toujours paru, dans les expériences, être d'environ une heure par kilogramme d'avoine ingérée.

Il est habituel de diviser la ration journalière d'avoine en plusieurs portions et de donner au cheval chacune de ces portions au moment du départ pour la course. Lorsque celle-ci doit dépasser une certaine limite de temps, on la partage en deux par un repos, durant lequel on donne de nouveau de l'avoine.

Cette façon d'agir, traditionnelle parmi les conducteurs de chevaux, est parfois considérée comme purement routinière et on lui oppose certain dicton arabe, vrai pour ce qui concerne l'orge dont les Orientaux nourrissent leurs chevaux. Si l'avoine, comme l'orge et les autres aliments concentrés, n'agissait que par l'énergie qu'elle met à la disposition de la machine animale, il est certain que son action serait plus efficace après la digestion complète, et qu'il serait plus sage de la faire consommer plusieurs heures avant de mettre cette machine en mouvement.

Mais les résultats de nos expériences ont montré que son effet excitant se manifeste presque aussitôt après l'ingestion, et que cet effet se dissipe au bout d'un temps déterminé, bien avant que la digestion soit achevée. Ces résultats justifient donc la pratique commune et doivent conduire à sa généralisation, contrairement à l'opinion de ceux qui en contestent l'utilité.

C'est au moment du départ du moteur que l'avoine doit

lui être donnée en vue de son effet spécial, en mesurant la quantité d'après la durée de la course, à raison d'un kilogramme par heure de travail. Plus souvent l'ingestion se renouvellera, plus l'effet excitant total sera intense. Tout le temps qui s'écoule entre le moment de l'ingestion et celui de la mise en marche est du temps perdu pour l'action spéciale de l'avoine (1).

Telles sont les notions, intéressantes, croyons-nous, concernant les grains d'avoine. En ce qui concerne la paille, nous dirons qu'elle est généralement bien pourvue de feuilles, elle est jaune foncé, un peu brune. Les chevaux ne la dédaignent pas, elle convient aussi aux bœufs et aux vaches laitières. Toutefois, les propriétés nutritives de la paille d'avoine, comme d'ailleurs de la paille des autres céréales, se modifient sensiblement suivant l'état de maturité et le moment de la moisson. Vœlcker s'est attaché à établir la composition de la paille d'avoine récoltée à l'état encore vert, à l'état de maturité normale et à un état avancé de maturité. L'analyse chimique lui a donné les résultats consignés dans le tableau ci-après, en ce qui concerne la composition immédiate (tableau XXXVI).

Malgré la grande quantité d'eau contenue dans la paille verte, on doit noter une forte proportion de sucre et de matières solubles dans l'eau. En outre, les matières albuminoïdes y sont presque aussi importantes que dans la paille mûre, tenant 14 pour 100 d'eau seulement.

La paille récoltée dans un état avancé de maturité, c'est-à-dire un mois plus tard que la précédente, dans la même pièce, renferme encore un peu plus d'un tiers de son poids d'eau (2).

(1) A. Sanson, *la Propriété excitante de l'avoine* (*Journal de l'agriculture*, publié sous la direction de M. J.-A. Barral, 1883, t. I).

(2) *Travaux et expériences du docteur Vœlcker*, par M. A. Ronna.

Tableau XXXVI.

	PAILLE à l'état vert.	PAILLE mûre.	PAILLE trop mûre.
Eau	77,14	16,64	35,20
Huile	0,43	0,67	0,97
Albumine (1) Matières protéiques solubles (1)	1,50	1,67	1,00
Sucre, gomme, mucilage Matières extractives solubles	4,36	6,72	2,45
Fibre digestible	7,17	19,17	21,41
— ligneuse	6,76	20,18	32,26
Matières inorganiques solubles	1,57	2,30	1,75
— protéiques insolubles (2)	0,81	0,93	1,81
— inorganiques insolubles	0,26	1,72	3,15
	100,00	100,00	100,00
(1) Contenant azote	0,24	0,26	0,16
(2) — azote	0,13	0,15	0,29
Azote (total)	0,37	0,41	0,45
Égal à matières protéiques	»	»	»
Cendres (total)	1,85	4,02	4,90

Vœlcker a pu conclure de ces belles recherches que la forte proportion de matières albuminoïdes de la paille verte, égale à celle du foin de prairie, explique son efficacité pour refaire les muscles des bœufs et des chevaux de travail. Les animaux s'en délectent, surtout les chevaux, à cause de la vigueur qu'elle leur rend et de l'état succulent, agréable au goût, sous lequel elle se présente.

Les matières albuminoïdes ne sont pas seulement en plus forte proportion dans la paille verte, mais, étant solubles dans l'eau, elles se laissent plus facilement digérer.

Par l'effet de la maturité, les matières albuminoïdes, solubles et insolubles, se réduisent, comme les matières azotées, de près de moitié. Que deviennent particulièrement

les matières azotées qui disparaissent si rapidement au moment de la maturité des céréales? Vœlcker est porté à croire qu'elles ne sont point emmagasinées dans le grain, mais dispersées à l'état d'azote, suivant ce que MM. Lawes et Gilbert ont observé, pendant la croissance des céréales.

La composition de la paille trop mûre confirme cette diminution d'azote, ainsi qu'une augmentation des composés protéiques insolubles par rapport aux composés solubles, à l'encontre de ce que les deux pailles de maturité moins avancée permettent de constater.

De telle sorte que la paille trop mûre n'est pas seulement moins riche en substances albuminoïdes, mais celles qu'elle renferme s'y trouvent à un état moins soluble et sont, par conséquent, moins digestibles (1).

Il n'en est pas moins vrai que c'est encore le grain qui est le principal produit de l'avoine. Sous ce rapport, si l'avoine donne parfois des rendements minimes, cela tient à une mauvaise culture, car elle est susceptible de produire beaucoup. Les rendements oscillent entre 25 et 70 hectolitres, même 90, à l'hectare.

La densité de l'avoine est à considérer; pour être bonne, on admet dans la pratique qu'elle doit peser de 45 à 50 kilogrammes l'hectolitre.

Le rapport de la paille au grain est :: 5 : 3 environ. Toutefois, ce qu'il importe de ne pas oublier, c'est qu'il existe souvent un défaut de concordance entre l'aspect d'une avoine, son poids et sa composition chimique; or, cette dernière seule détermine sa valeur alimentaire, ainsi que nous l'avons déjà vu.

La France produit environ 90 millions d'hectolitres d'avoine; les importations sont peu importantes et ne dépassent guère 3 millions.

(1) Ronna, ouv. cit.

La dernière céréale dont nous ayons à nous occuper est le *sarrasin;* nous n'en dirons qu'un mot, car elle est peu importante; sa production annuelle ne dépassant guère 6 millions d'hectolitres.

Le sarrasin ou *blé noir* n'appartient plus, comme les céréales précédentes, à la famille des graminées, c'est une *polygonée.* Il est surtout cultivé en Bretagne et dans le Limousin.

Les préparations faites avec la farine de sarrasin, dit M. Lechartier, constituent un aliment sain, et les galettes ou crêpes sont aussi nutritives que le pain ordinaire. Sa folle farine, fine et blanche, constitue une nourriture légère convenant spécialement aux estomacs malades et aux jeunes enfants.

Soit en grain, soit en farine, il est d'un excellent usage pour la nourriture et l'engraissement des bœufs, des vaches, des veaux, des porcs et des volailles. Il peut même remplacer l'avoine pour les chevaux (1). Le sarrasin a été employé pour ce dernier usage par la Compagnie générale des omnibus de Paris en substitution du maïs, et a permis de réaliser une certaine économie.

Grâce à sa végétation rapide et touffue, cette plante qui vient partout, prend son azote dans l'air et contient beaucoup de potasse, étouffe les mauvaises herbes et donne ensuite un excellent engrais, car le sarrasin est souvent enfoui comme engrais vert; ses feuilles et ses tiges spongieuses, fait observer à ce sujet M. Proost (2), se décomposent immédiatement dans le sol et produisent des gaz qui asphyxient les insectes.

Toutes les terres conviennent au sarrasin; toutefois

(1) A. Lechartier, *Agriculture théorique et pratique basée sur la chimie agricole,* p. 386.

(2) Proost, *Manuel de chimie agricole,* p. 214.

c'est surtout dans les terrains siliceux, ou plutôt sableux, pulvérulents, qu'il donne les meilleurs résultats.

Les phosphates exercent sur le développement du sarrasin une action très manifeste, l'action des engrais azotés est beaucoup moindre, ces derniers le poussent surtout en vert, mais au détriment du grain.

Pendant sa végétation, le sarrasin est très sensible aux manifestations électriques des orages (1).

MM. Müntz et Girard ont trouvé pour la composition du sarrasin (2) :

Matières azotées	9,56
Matières grasses	2,24
Amidon et sucre	41,61
Cellulose saccharifiable	5,62
Cellulose brute	6,47
Substances indéterminées	11,64
Cendres	2,24
Eau	20,62
	100,00

Cette composition ne s'éloigne pas beaucoup de celle de l'avoine. La matière grasse cependant est en proportion un peu moindre ; rien d'ailleurs ne nous autorise à croire que les propriétés excitantes de l'avoine existent dans le sarrasin. Le grain de sarrasin est entouré d'un testa dur qui doit prédisposer ce grain à traverser intact le tube digestif, lorsque la mastication est incomplète ; ce fait doit tendre à enlever à cette denrée une partie de sa valeur alimentaire ; ce testa est d'ailleurs peu riche en substances alimentaires principales.

La conclusion de MM. Müntz et Girard, concernant cet

(1) Canu et Larbalétrier, *Manuel de météorologie agricole*, p. 83.

(2) Müntz et Girard, *Recherches sur la digestion des fourrages employés dans l'alimentation des chevaux* (Digestibilité du sarrasin). (*Annales de l'Institut national agronomique*, 7e année, 1882-83.)

aliment, est que le sarrasin, tout au moins lorsqu'il est donné sans être concassé, n'est utilisé qu'en partie, beaucoup de grains restent intacts ; d'autre part, la partie corticale qui entoure le grain et qui entre pour une forte proportion dans son poids, peut être considérée comme n'ayant pas de valeur alimentaire (1).

Ajoutons que le grain de sarrasin est souvent employé pour l'alimentation des poules; il exerce sur ces oiseaux une excitation à la ponte que les fermières connaissent bien. Toutefois, il ne faut pas le donner en grande quantité, car il est échauffant et nuirait, par cela même, à la santé des volailles.

(1) Müntz et Girard, ouvr. cit.

CHAPITRE X.

LES PLANTES INDUSTRIELLES.

I. La Betterave a sucre. — Historique. — L'industrie sucrière. — Les variétés de betteraves. — La nouvelle législation sucrière. — La betterave *riche*. — La betterave riche est la seule possible en France. — Vente des betteraves à la densité. — La betterave riche n'épuise pas le sol. — Élaboration du sucre. — Recherches sur le développement de la betterave à sucre. — Travaux de M. Aimé Girard. — Action de la température et de l'éclairement. — Travaux de M. Pagnoul. — Effeuillaison. — Variétés de betteraves riches. — La betterave *Simond Legrand*. — La betterave *Brabant*. — La betterave *Florimond Desprez*. — La betterave *Vilmorin améliorée*. — La betterave des *Merchines*. — Les semis de betteraves. — Choix des semences. — Pouvoir germinatif. — Profondeur à laquelle il convient d'enterrer les graines. — Expériences du docteur Grasmann. — Quantité de semence. — L'espacement. — Les sarclages. — Le sol. — Les amendements calcaires. — Influence de l'orientation des lignes. — Engrais qui conviennent à la betterave. — Emploi du fumier. — Époque de l'épandage. — Les engrais chimiques. — L'azote. — Les nitrates et le sulfate d'ammoniaque. — L'acide phosphorique. — La potasse. — Phosphates naturels, superphosphates et phosphates précipités. — Expériences de M. Ladureau. — Époque à laquelle il faut employer les engrais chimiques. — Travaux de M. Petermann. — Résumé de la question. — Les *pulpes* ou résidus de fabrication du sucre. — Valeur comparative des pulpes de diffusion et des pulpes de presses hydrauliques pour la nourriture du bétail. — Travaux de MM. Petermann, Pellet, Ch. Le Lavandier, Vœlcker, etc.

II. Le Tabac. — Sa culture en France. — Le monopole de l'État. — Composition chimique. — La nicotine. — Variation de la teneur en nicotine. — La combustibilité des tabacs. — Recherches de M. Schlœsing. — Sols. — Façons culturales. — Les engrais. — Tabac à fumer. — Cigares. — Tabac en poudre ou à priser. —

Les engrais chimiques appliqués à la culture du tabac. — Le commerce du tabac en France. — Recettes de la Régie.
III. Le COLZA. — Décroissance de sa production en France.
L'ŒILLETTE, la CAMELINE, la NAVETTE. — Statistique et exigences de ces cultures.
Le CHANVRE et le LIN, plantes textiles et oléagineuses. — La ramie ou ortie de Chine.
La concurrence étrangère.
Les cultures arbustives : l'olivier et la vigne.

Les plantes industrielles sont celles qui servent de matière première à une industrie quelconque.

Sous ce rapport, la betterave à sucre, le tabac, la vigne, le houblon, le lin, le chanvre et le colza sont des plantes industrielles.

Nous insisterons surtout sur la betterave à sucre, qui est une des principales cultures de la France.

I. D'après Olivier de Serres, la betterave nous est venue d'Italie, mais elle n'était guère cultivée que dans les jardins au moyen âge. Jusqu'en 1747, cette plante fut peu répandue; mais à partir de cette époque, un chimiste prussien, Margraff, découvrit que sa racine renfermait du sucre en assez grande quantité. Quelques années plus tard, en 1787, Achard et Koppi essayèrent d'en extraire industriellement cette substance, mais ils ne purent y parvenir. Ce furent deux Français, Thiéry et Delessert, qui réussirent les premiers; plus tard, leurs procédés furent perfectionnés; toutefois, c'est bien à eux qu'on doit l'industrie sucrière. Elle fut d'ailleurs encouragée par Napoléon Ier, et depuis 1810, elle n'a fait que progresser.

Les variétés de betteraves sont excessivement nombreuses, nous ne pouvons songer même à les énumérer toutes ; elles sont caractérisées par la forme des racines et par la couleur qu'elles présentent à l'intérieur et à l'extérieur. On peut les classer en trois groupes : les betteraves blanches, les betteraves jaunes et les betteraves rouges.

Parmi les premières, on remarque surtout la betterave *blanche de Silésie* ou betterave à sucre, surtout cultivée pour la sucrerie et qui présente de nombreuses races; la *betterave blanche à collet rose*, etc.

Parmi les betteraves jaunes, surtout cultivées comme plantes fourragères, on distingue : la *betterave longue jaune*, la *jaune d'Allemagne*, la *jaune ovoïde des Barres*, la *globe fauve*, etc.

Les betteraves rouges nous donnent la *betterave champêtre* ou *disette*, aussi cultivée comme fourrage, et la *betterave rouge*.

Il y a quelques années encore, la culture ne produisait que des betteraves moyennes, s'inquiétant plutôt du poids de la récolte que de la qualité de la richesse saccharine des racines.

Aujourd'hui, sous le régime de la nouvelle législation (loi du 29 juillet 1884), le cultivateur est pour ainsi dire forcé de faire de la betterave riche, car le fabricant de sucre ne peut plus travailler que de très bonnes racines dosant une grande quantité de sucre.

Or, qu'est-ce que la betterave riche? Aujourd'hui, dit M. H. Raquet, on nomme en général betterave riche, une betterave dont le jus ne dose pas moins de 13 à 14 pour 100 de sucre. Ce jus a une densité de 1 065 environ.

Dire qu'un jus a une densité de 1 065, c'est dire qu'un litre d'eau pesant 1 000 grammes, un litre de jus pèse 65 grammes de plus ou 1 065 grammes.

La densité d'un jus augmentant surtout avec la quantité de sucre qu'il contient, en multipliant les deux derniers chiffres de la densité par 2,2 on obtient, pour les variétés riches, avec une approximation très suffisante dans la pratique, la quantité de sucre que contient un jus. Exemple d'un jus d'une densité de 1 065 : en multipliant 65 par 2,2 on a : $65 \times 2{,}2 = 14{,}30$. Ce jus a donc 14 pour 100 de sucre

environ et la betterave en contiendra environ 1 de moins ou 13,30 pour 100 de son poids.

On nomme betterave pauvre, une betterave dont le jus dose moins de 12 pour 100 de sucre, et une betterave dont le jus ne dose que 10 pour 100 de sucre doit être considérée comme *mauvaise*.

Il y a trois raisons, continue M. Raquet, pour lesquelles il importe aujourd'hui de faire de la betterave riche (1).

1° Avec de la betterave riche, on diminue indirectement les frais de fabrication, et par suite les prix de revient du sucre, en abaissant ces frais de près de 20 francs aux 1 000 kilogrammes de betteraves.

2° Il n'y a qu'avec la betterave riche que l'on puisse largement bénéficier des avantages de la loi nouvelle du 29 juillet 1884, aux termes de laquelle l'impôt est payé proportionnellement à la quantité de betterave travaillée par l'usine.

Que cette betterave soit riche ou qu'elle soit pauvre, l'impôt est le même : il doit être de 25 francs par 1 000 kilogrammes de betterave rendant 5 pour 100.

C'est en effet ce qu'on peut retirer d'une betterave ordinaire dosant 10 pour 100 : 5 ou la moitié en sucre raffiné et 5,50 en sucre brut, et 3 à 4 de mélasse.

Mais si la betterave dose 15, c'est 10 de sucre raffiné qu'on pourra retirer, alors qu'on ne payera l'impôt que sur 5 ou la moitié ; et, dans ce cas, le fabricant aurait donc la moitié de sa production qui serait affranchie du droit, c'est-à-dire que, lorsqu'il retirera 100 kilogrammes de sucre par 1 000 kilogrammes, il ne payera, s'il marche par presses, que 25 francs de droit à la régie au lieu de 50, ce qui diminue encore d'autant le prix de revient, et permet de payer à la culture la betterave plus cher.

(1) H. Raquet, *les Nouvelles Méthodes de culture de la betterave riche*, 1 broch. Amiens, 1886.

3° La betterave riche a, en outre, le grand avantage d'épuiser moins le sol, tout à la fois en azote et en sels divers.

On sait que les engrais, en effet, doivent au moins les neuf dixièmes de leur force, et par conséquent de leur valeur, à la quantité d'azote et de sels divers qu'ils renferment.

On sait aussi que l'azote, comme engrais, a une valeur de 2 fr. 25 environ le kilogramme ; et la potasse qui entre pour près de moitié dans la composition des sels divers, a une valeur de 60 centimes du kilogramme.

Or, une betterave riche, à 15 pour 100 de sucre, n'enlève guère au sol que 4 pour 100 de sels divers par 100 kilogrammes de sucre, au lieu de 7 kilogrammes ou de près du double qu'enlève une betterave qui ne titre que 10.

Quant à l'azote, la différence en est plus considérable encore; car l'azote a plus de valeur, et d'ailleurs la quantité d'azote que dosent les racines de betteraves est aussi en raison inverse de la quantité de sucre ; c'est-à-dire que, dans une racine de betterave, l'azote diminue quand le sucre augmente, comme le démontre, du reste, le tableau suivant :

Densité à 15 degrés du jus de betterave.	Richesse en sucre pour 100 du poids de la betterave.	Richesse en azote pour 1 000 k. de betterave.
1° 3 à 4 degrés.	5 à 7 pour 100.	2 kil. pour 1000.
2° 5 —	9 à 10 —	1,5 —
3° 7 à 7,5 —	14 à 15 —	1,0, souvent moins

M. Raquet termine ces intéressantes considérations par la remarque suivante : lorsque, dans la betterave, le sucre augmente de 5 pour 100, l'azote diminue de 500 grammes pour 1 000. Ainsi, en jetant un coup d'œil sur le tableau précédent, il est facile d'établir que 50 000 kilogrammes d'une betterave à 10 pour 100 de sucre et à 1,5 pour 1 000 d'azote enlèveraient 75 kilogrammes d'azote ; à 2 francs,

c'est une dépense de 150 francs. Une betterave riche, au contraire, à 1 pour 1 000 d'azote, n'en prendrait que 100 kilogrammes ou 50 kilogrammes de moins ; à 2 francs, c'est une différence de 100 francs quant à l'azote ; et, l'azote, ne coûtant pas moins de 2 fr. 25, l'économie sera plutôt de 125 francs, en nombre rond de 120 francs.

Le même calcul fait sur sels divers donnerait encore une différence de 50 kilogrammes d'une valeur de 30 francs environ en faveur de la betterave riche.

Soit, en faveur de la betterave riche :

1° Pour l'azote..................	120 francs.
2° Pour les sels divers...........	30 —
	150 francs.

Le bénéfice réalisé par la culture de la betterave riche est donc de 150 francs par hectare ; ne serait-il, avec de la betterave à 12,5 pour 100 de sucre, que de moitié seulement, que c'est déjà une valeur considérable.

La raison d'un pareil résultat est que, dans les betteraves riches, les matières fertilisantes se concentrent surtout dans les feuilles qui y sont plus nombreuses ; or, à la récolte, les feuilles en enrichissent le sol bien davantage. Dans les betteraves pauvres en sucre, au contraire, les racines, naturellement plus grosses, sont riches en sels et riches en matières azotées, et les matières fertilisantes sont emportées de la ferme avec les racines, et à tout jamais perdues pour le sol.

Ainsi, la culture de la betterave riche, c'est la fertilité du sol ménagée ; c'est l'avenir sauvegardé, et c'est, de plus, le sucre à 34 francs de frais de fabrication au lieu de 68 qu'il coûte avec la betterave pauvre.

Il n'y a que l'aveugle routine qui puisse encore s'obstiner à faire de la betterave pauvre. Ce qu'il faut aujourd'hui, c'est de viser sans retard à la production d'une

betterave, exceptionnellement riche ; là est le but à atteindre, car c'est ainsi qu'il sera possible au fabricant et au cultivateur de gagner de l'argent (1).

Comment produire la betterave riche ?

1° Par le choix des variétés riches ;

2° Par une culture perfectionnée (nature du sol, des engrais, soins pendant la végétation, récolte, conservation, etc.).

Le choix de la graine, surtout, a une grande importance.

Pendant longtemps, fait remarquer M. Jacqmart, on a cru que la richesse des betteraves dépendait essentiellement du mode d'assolement et du genre de fumure ; mais les expériences qui ont été faites depuis quelques années ont démontré d'une façon évidente l'influence prépondérante de la graine sur la richesse de la betterave. C'est-à-dire que, dans d'excellentes terres parfaitement préparées et contenant les engrais convenables pour la betterave, si on sème de la graine provenant de betteraves pauvres, on ne pourra *jamais* obtenir de betteraves riches (2).

Toutefois, les circonstances météorologiques, le climat, a aussi une grande influence sur la quantité et la qualité de la betterave.

M. Pagnoul s'est particulièrement occupé de cette question. Les résultats dépendent, dit-il, tout à la fois de l'abondance des pluies, de leur distribution aux différentes époques, des températures moyennes et extrêmes, de la nébulosité, de l'intensité de la lumière, etc. Or, toutes ces circonstances agissent simultanément pour favoriser ou pour entraver, soit le développement de la plante, soit l'élaboration du sucre, de sorte qu'il est fort difficile de

(1) H. Raquet, *op. cit.*

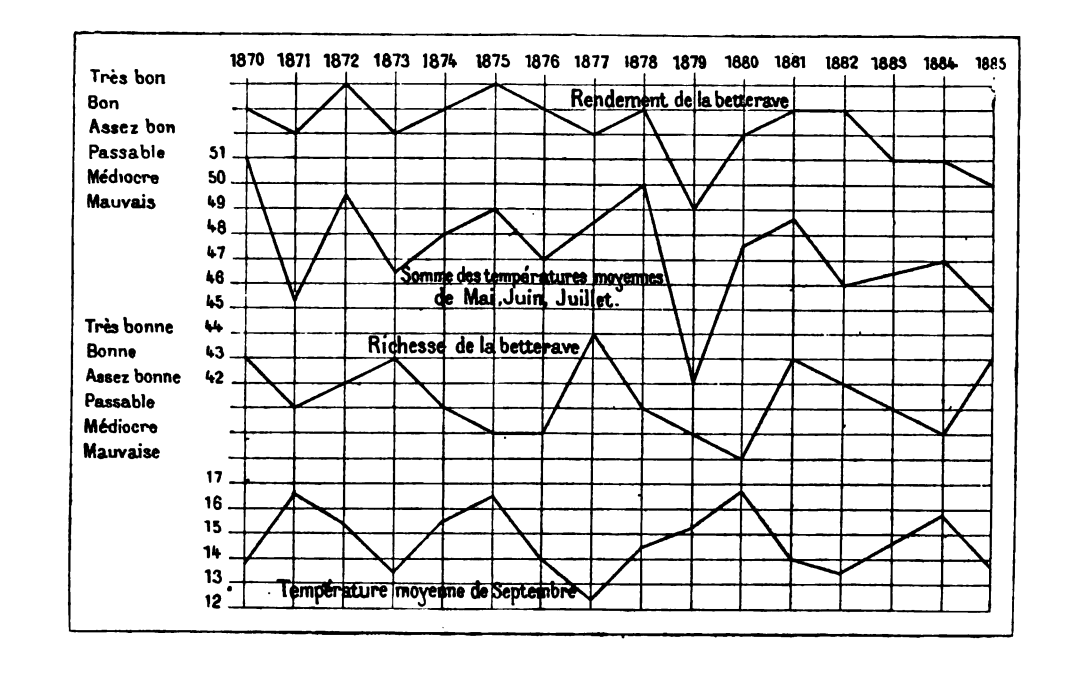
(2) Jacqmart aîné, *la Betterave riche* (sélection chimique des betteraves). Lille, 1887.

distinguer et de préciser le rôle spécial de chacune. Cependant, en comparant les observations météorologiques de chaque campagne avec l'évaluation des récoltes depuis 1870, il nous a paru que la somme des températures de mai, juin, juillet avait une influence prépondérante sur le rendement et que la température de septembre avait une influence très accentuée sur la richesse. En représentant, en effet, par des tracés graphiques les variations du rendement et des températures de mai, juin, juillet, on obtient deux courbes presque parallèles, tandis que les variations de la richesse et de la température de septembre donnent deux courbes à peu près symétriques.

Tableau XXXVII.

ANNÉES.	TEMPÉRATURES MOYENNES.			SOMME de ces températures.	TEMPÉRATURE de septembre.	ÉVALUATION du rendement.	ÉVALUATION de la richesse.
	Mai.	Juin.	Juillet.				
1870	13,6	16,9	20,5	51,0	13,9	Bon.	Bonne.
1871	12,5	14.6	18,1	45,2	16,8	Assez bon.	Passable.
1872	12,2	16,9	20,6	49,7	15,6	Très bon.	Assez bonne.
1873	11,0	16,7	19,1	46,8	18,5	Assez bon.	Bonne.
1874	11,4	16,6	20,1	48,1	15,5	Bon.	Passable.
1875	14.7	16,7	17,4	48,8	16,6	Très bon.	Médiocre.
1876	10,8	16,7	19,6	47,1	13,9	Bon.	Médiocre.
1877	11,3	19,1	17,8	48,2	12,3	Assez bon.	Très bonne.
1878	14,2	17,2	18,0	49,4	14,9	Bon.	Passable.
1879	10,6	15,9	15,5	42,0	15,1	Mauvais.	Médiocre.
1880	13,6	15,3	18,3	47,2	16,6	Assez bon.	Mauvaise.
1881	13,1	16,1	19,7	48,9	14,0	Bon.	Bonne.
1882	13,8	15,0	17,4	46,2	13,6	Bon.	Assez bonne.
1883	13,2	16,7	16.7	46,6	14,6	Passable.	Passable.
1884	13,7	14,2	18,9	46,8	15,9	Passable.	Médiocre.
1885	10,7	16,4	17,6	44,7	13,6	Médiocre.	Bonne.

En résumé, la somme des températures de ces trois premiers mois paraît varier à peu près dans le même


1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885
Très bon
Bon
Assez bon
Passable
Médiocre
Mauvais
51
50
49
48
47
46
45
44
43
42
Très bonne
Bonne
Assez bonne
Passable
Médiocre
Mauvaise
17
16
15
14
13
12
Rendement de la betterave
Somme des températures moyennes de Mai, Juin, Juillet.
Richesse de la betterave
Température moyenne de Septembre

sens que le rendement, tandis que la température de septembre varie en sens contraire de la richesse (1).

L'influence de la lumière a une importance non moins grande. C'est dans la feuille que s'élabore le sucre. MM. Corenwinder et Violette ont, en effet, démontré l'influence funeste de l'effeuillage au point de vue de la richesse saccharine. M. Dehérain, comparant une betterave riche avec une betterave pauvre, trouve que le poids des feuilles pour 100 de racines est de 61 dans la première et de 20 dans la seconde. J'ai toujours trouvé moi-même, en opérant dans des circonstances très variées, dit M. Pagnoul, que les organes foliacés sont beaucoup plus développés dans les plantes riches que dans les plantes pauvres.

Mais si les feuilles sont les organes producteurs du sucre, il leur faut, pour accomplir leur travail, une force qu'elles puissent mettre en œuvre et cette force est celle qui réside dans la lumière solaire. J'ai cherché à vérifier cette influence de la lumière par des expériences poursuivies pendant plusieurs années. Je n'en citerai qu'une seule dont la première partie a été faite du 26 juin au 2 août, et la seconde du 2 août au 13 septembre. Les betteraves soumises à ces expériences avaient été, les unes laissées en pleine lumière et les autres maintenues dans une demi-obscurité au moyen de cloches disposées de manière à laisser librement circuler l'air. Voici les résultats obtenus le 2 août :

	A la lumière.	Dans un demi-jour.
Poids moyen des racines.	490g,000	24g,000
Sucre pour 100.........	9 ,450	1 ,660
Sels alcalins pour 100...	0 ,764	1 ,451
Nitrates pour 100.......	0 ,113	1 ,197

Le 2 août, les betteraves ayant la composition donnée

(1) Voir A. Pagnoul, *Bulletin de la station agronomique du Pas-de-Calais*, 1885.

par la première colonne de ce tableau ont été soumises à la seconde partie de l'expérience et ont donné le 13 septembre

	A la lumière.	Dans un demi-jour.
Poids moyen des racines.	1g,017	667g,000
Sucre pour 100.........	10 ,420	4 ,690
Sels alcalins pour 100...	0 ,560	1 ,420
Nitrates pour 100.......	0 ,050	0 ,551

Ainsi, la lumière semble non seulement nécessaire à la production du sucre, mais encore à certaines transformations telles que la décomposition des nitrates, de sorte que si ces sels sont absorbés lorsque son action commence à se ralentir, ils se retrouvent intacts dans la racine.

L'élaboration du sucre par les feuilles avait été contestée par Claude Bernard qui attribuait ce rôle aux racines, mais la question paraît aujourd'hui définitivement résolue en faveur des feuilles par les remarquables expériences qui viennent d'être poursuivies pendant plusieurs années à la ferme de Joinville par M. Aimé Girard (1).

D'après cet auteur, il résulte que, dès les premiers mois de sa végétation, la betterave affirme son caractère prochain, alors que son poids atteint 1 gramme à peine, elle contient déjà 1,5 pour 100 de sucre. Cependant, c'est à constituer surtout son appareil aérien et son appareil radiculaire que la plante travaille alors. Mais bientôt, et dès le milieu de juillet, sa végétation prend une allure différente. Chaque jour, sous l'influence directe du soleil, les limbes des feuilles fabriquent une proportion nouvelle de saccharose; chaque jour, à travers les pétioles une quantité de ce saccharose que l'on peut évaluer à 1 gramme environ, se dirige vers la souche; tandis que, d'autre

(1) Pagnoul, *Résumé des recherches relatives à la culture de la betterave effectuées à la station agronomique du Pas-de-Calais, depuis* 1869. Arras, 1 broch. 1887.

part, enlevée au sol par les radicelles, une masse d'eau variable, une quantité de matières minérales que l'on peut estimer à 0g,150, ou à 0g,200, se dirigent vers la souche et vers le bouquet. La partie essentielle de la plante, cette souche qui, en fin de campagne, représente les deux tiers du poids total de celle-ci, ne doit plus alors être considérée que comme un réseau végétal qui, pendant la première année de la vie de la betterave, croît régulièrement avec le temps, et dont le tissu cellulo-vasculaire, d'une composition sensiblement constante pendant toute la durée de cette végétation, se remplit, régulièrement aussi, d'eau et de sucre se remplaçant l'un l'autre, suivant les circonstances météorologiques, et formant, en tous cas, une somme qui, tout au moins pour la variété que j'ai étudiée, représente 94 pour 100 du poids de la souche (1).

En ce qui concerne le choix des variétés riches, nous ferons tout d'abord remarquer que ces variétés doivent être cultivées dans un sol riche. Peut-on préconiser telle variété plutôt que telle autre ? Non certes, en ce qui concerne la qualité de la variété, on ne peut rien dire d'absolu.

La qualité d'une même variété, fait observer M. Charles Gossin (2), n'est-elle pas, en effet, plus ou moins bonne suivant le terrain, suivant le mode de culture ?

Ce que le cultivateur, laissé libre et intéressé à la richesse de la racine qu'il produit doit faire, c'est de chercher, par des expériences comparatives, quelle est la variété qui convient le mieux à son sol.

Il s'attachera surtout à la forme régulière et pivotante de la betterave et à la richesse saccharine, et s'il lui est possible de faire sa graine lui-même, il cherchera non seulement à conserver la variété adoptée, dans toute sa

(1) Aimé Girard, *Recherches sur le développement de la betterave à sucre*. Paris, 1887.

(2) Ch. Gossin, *Production de la betterave riche*. Beauvais, 1884.

pureté, mais il s'efforcera de la perfectionner par la sélection intelligente des racines porte-graines.

Toutefois, parmi les betteraves riches, nous pouvons citer :

La betterave *Simon Legrand*, qui est longue, à racine fusiforme, à peau rose ou blanche ;

La betterave *Brabant*, qui est très longue, elle est moins riche que la précédente ;

La betterave *Fl. Desprez*, qui a un long pivot et un collet peu saillant ; elle est à peau rose ou blanche et son feuillage est très abondant ;

La betterave *améliorée Vilmorin*, une des plus riches, mais à faible rendement ;

La betterave *des Merchines* est une des plus estimées ; elle est blanche à collet large.

Il nous faut voir maintenant les façons culturales ; commençons par le semis.

Et tout d'abord, la qualité des graines. D'après les recherches de M. Petermann, une graine de betterave de bonne qualité ne doit pas contenir plus de 15 pour 100 d'eau et pas plus de 4 pour 100 d'impuretés ; elle doit posséder un pouvoir germinatif minimum de 80 pour 100 et doit fournir 100 000 germes par kilogramme de fruits.

Le pouvoir germinatif d'une graine dépend beaucoup du degré de maturité qu'elle a atteint au moment de la récolte. Les soins à apporter, sous ce rapport, lors de la récolte ne peuvent être trop recommandés et les producteurs, surtout lorsqu'ils en font une spécialité, devraient même recueillir les graines sur pied, en récoltant à part les plus uniformes, les plus mûres, que l'on rencontre ordinairement sur la partie supérieure de la tige centrale, et séparer ce premier choix des autres, qu'ils récolteraient ensuite en coupant toutes les tiges de la betterave (1).

(1) A. Petermann, *Essai sur le pouvoir germinatif des graines de*

La profondeur à laquelle il convient d'enterrer la graine de betterave a une certaine importance. M. le docteur R. Grassmann a publié tout récemment, à ce sujet, les résultats d'expériences effectuées à la station d'essais agricoles de M. Knauer à Grœbers.

L'auteur énumère les conditions les plus favorables à une bonne levée des graines et à la viabilité des jeunes plants. Il y a des conditions qui dépendent uniquement des soins des producteurs : tels sont la bonne préparation des terres, les engrais appropriés, le choix des semences ; mais il y en a aussi qui réclament le concours propice de certains agents naturels ; l'humidité, la chaleur et l'accès de l'air. Si le cultivateur ne peut régler l'humidité et la chaleur, il peut assurer à la graine semée l'accès de l'air. Sans air, la semence ne germe pas, même lorsqu'elle est dûment pourvue d'humidité et de chaleur. On sait que des graines enfouies profondément peuvent demeurer dans le sol pendant un temps très prolongé sans germer et sans perdre le pouvoir germinatif, et qu'il suffit de les ramener à la surface pour provoquer une levée énergique.

Ces conditions ont porté l'auteur à réaliser des expériences sur la germination des graines de betterave en particulier, au point de vue de la profondeur à laquelle il convient de les enfouir pour obtenir la meilleure levée. La pratique en grand a fait adopter 1,3 à 2 centimètres comme la plus propice à la levée et au premier développement des petits plants. Il était intéressant de vérifier cette donnée par des essais comparatifs exécutés dans des conditions plus précises.

Voici un tableau qui rend compte des résultats obtenus par le docteur Grassmann :

betterave à sucre (*Bull. de la station agr. exp. de l'Etat à Gembloux*, n° 16, 1878).

Tableau XXXVIII.

NUMÉROS	PROFONDEUR de l'enfouissement en centimèt.	JOUR de la levée des premiers germes.	NOMBRE des germes au 14e jour pour 100 de graines.	NOMBRE de germes venus en tout pour 100.
1	0,0	4	69,5	86,7
2	0,5	5	67,2	90,2
3	1,0	6	65,0	85,2
4	1,5	7	57,2	80,3
5	2,0	8	53,2	75,5
6	2,5	8	50,3	68,8
7	3,0	9	44,2	54,8
8	3,5	9	34,2	46,8
9	4,0	10	20,5	39,3
10	4,5	10	16,2	32,2
11	5,0	11	10,8	21,3
12	6,0	12	3,3	10,2
13	7,0	15	»	4,5
14	8,0	17	»	3,3
15	9,0	18	»	0,8
16	10,0	»	»	»
17	11,0	»	»	»
18	12,0	»	»	»

On voit, par ce tableau, qu'au-delà de 9 centimètres de profondeur la graine ne levait pas. Après 2 centimètres, la proportion de germes par 100 graines diminue rapidement pour tomber au-dessous de 10 germes, au-delà de 6 centimètres de profondeur. Les germes n'étaient dans des conditions normales que dans les limites de 1 à 4 centimètres de couverture.

Les conclusions générales des expériences de M. le docteur Grassmann peuvent se résumer ainsi :

Une couverture de 1,5 à 2 centimètres est la plus favorable à la levée des graines ; elle donne de bons résultats comme nombre de germes levés pour 100 graines, ainsi que comme vigueur de viabilité des jeunes plants (1).

(1) *Moniteur des syndicats agricoles* du 20 mai 1887 (extrait de

Il va sans dire que les semis de betteraves sont soumis, comme ceux de toutes les autres plantes, aux influences climatériques. Quand la température moyenne de l'air descend à 8 degrés et au-dessous, la betterave lève mal ; la croissance de la jeune plante ne s'accentue bien qu'à parti de 9 degrés de température moyenne diurne. Arrivé à la fin de la saison, la racine cesse de végéter quand la température moyenne diurne descend à 13 degrés et au-dessous.

En ce qui concerne la quantité de semence à employer, il faut tenir compte des ennemis des graines ainsi que des défauts de levée résultant des effets de la température, il est donc prudent de semer plutôt dru.

En Allemagne, fait remarquer M. Gossin, on ne sème jamais moins de 30 à 40 kilogrammes de graines par hectare. Combien de cultivateurs se contentent chez nous de la moitié et moins encore ! Et alors, récoltes claires, insuffisantes en poids en même temps qu'en richesse (1).

D'ailleurs la quantité de graines à semer dépend de l'espacement des plants, question importante sur laquelle nous devons nous arrêter.

En France, on a en général une distance de 42 centimètres entre les lignes et on plante à 30 centimètres sur la ligne, soit 6 betteraves au mètre carré. A la récolte il en reste seulement 4 à 5, quelquefois moins, et la racine pèse en moyenne 1 000 à 1 500 grammes.

En Allemagne, en Autriche, fait observer M. Henri Pellet (2), on a adopté plusieurs écartements. Les uns font cultiver à 37 sur 31, soit près de 9 betteraves au

l'*Organ des Centralvereins für Rubenzuker-Industrie*. Autriche-Hongrie, livr. de mars).

(1) Ch. Gossin, *Production de la betterave riche*. Beauvais, 1884.

(2) H. Pellet, *Notes de voyage en Allemagne, en Autriche et en Belgique*, 1884.

mètre. A la récolte, il en reste généralement 6, soit 60 000 pieds, pesant 500 à 600 grammes en moyenne ou 30 000 à 36 000 kilogrammes.

Dans d'autres endroits on laisse 40, 42 centimètres entre les lignes et 15 à 20 centimètres sur la ligne. On a alors 11 à 12 betteraves à la plantation et de 7 à 8 à la récolte. Avec 400 grammes de moyenne, cela fait 32 000 à 36 000 kilogrammes à l'hectare.

Les expériences faites par M. Fl. Desprez (1) ont prouvé que dans les terres moyennes il fallait 7 à 8 sujets au mètre carré, 10 à 11 dans les terres bien préparées et ayant suffisamment d'engrais, et 12 à 15 dans un sol bien fertile saturé d'engrais. En un mot, plus la terre est fertile et contient d'engrais, plus il faut de plantes au mètre carré.

Le rapprochement des plants force la betterave à pivoter, les racines alors, fait remarquer M. Malé, mûrissent mieux et plus régulièrement ; elles renferment moins de sels, par conséquent plus de sucre ; partant, elles épuisent moins la terre (2).

M. Pagnoul a fait l'analyse de betteraves de même nature, cultivées dans les mêmes conditions, mais à petite et à grande distance, il a trouvé (3) pour les premières 14,5 pour 100 de sucre et pour les autres 11,9. Les premières, il est vrai, étaient plus petites, mais le poids moyen ne pouvant être diminué de moitié lorsque le nombre devenait double pour un même espace, il devait résulter du rapprochement un rendement plus fort et par

(1) Fl. Desprez, *Expériences sur les betteraves à sucre* (*Journal de l'agriculture*, numéro du 7 janvier 1888).

(2) Maurice Malé, *la Betterave : culture de la betterave à sucre*. 1885.

(3) Pagnoul, *Résumé des recherches relatives à la culture de la betterave*. 1887.

suite, pour une double raison, un accroissement fort important dans la production du sucre à l'hectare.

Il est à remarquer que le sucre n'étant qu'une combinaison de charbon et d'eau, ses éléments sont pris exclusivement à l'air, par suite son élaboration ne se fait aucunement aux dépens du sol. La plante ne prend au sol que les matières salines et azotées qu'il faut lui restituer à l'état d'engrais et qui, au point de vue de la fabrication, constituent les impuretés de la racine. Or, ayant recherché la proportion de sels alcalins dans les racines à grande distance et à petite distance, M. Pagnoul a obtenu pour 100 de sucre, dans les premières : 7,0 de ces sels et 2,2 seulement pour les autres. Les betteraves à petites distances étaient donc tout à la fois plus riches, plus pures et moins épuisantes.

Mais ici se présente une autre question : les binages de betteraves peu distancées sont plus difficiles et plus coûteux ; l'arrachage aussi est plus onéreux, et il convient, comme le fait remarquer M. Raquet, d'augmenter les binages de 10 à 12 francs de l'hectare, et l'arrachage de 7 à 8 francs.

C'est une augmentation nouvelle d'une vingtaine de francs par hectare, mais devant laquelle un bon praticien n'hésite jamais ; car là est un des grands moyens à employer pour obtenir beaucoup et bon.

C'est à ce point qu'avec 4 betteraves au mètre carré, on a obtenu 62 000 kilogrammes de betteraves par hectare et 80 000 avec 10.

En résumé, pour obtenir que les bineurs ne laissent pas moins de 10 betteraves au mètre carré, il faut les payer plus cher, surtout les encourager par des primes, et au besoin ne leur faire faire ce travail qu'à la journée, et en deux temps, par la mise en touffes et le démariage proprement dit (1).

(1) H. Raquet, *op. cit.*

En ce qui concerne le sol, la betterave est peu difficile, il lui faut au moins 30 centimètres de terre végétale, pas trop compacte, silico-argileuse de préférence, à sous-sol perméable. La terre doit contenir l'élément calcaire, car autrement il faudrait l'y incorporer par des amendements ou des engrais, car dans ces derniers temps, les fabricants de sucre sont arrivés à cette conclusion que la racine est d'autant plus riche en sucre qu'elle contient plus de chaux combinée dans les tissus de tous ses organes.

Cette chaux combinée n'a pas seulement pour effet de donner des betteraves riches en sucre *sous le même poids*, mais aussi d'empêcher la diminution de cette richesse, lorsque le volume de la racine augmente.

La décroissance de la richesse saccharine de la betterave, sous l'influence de son développement en volume ou en poids, correspond à une décroissance dans la quantité de chaux en combinaison avec l'acide carbonique contenu dans la partie limitée et relativement très restreinte du sol où végètent les radicules (1).

Ceci nous amène à parler des engrais qui conviennent à la betterave à sucre. Mais auparavant, nous devons dire quelques mots des récentes expériences du docteur Marck, ayant trait à l'influence de l'orientation des lignes de betteraves, question toute nouvelle, qui ne manque pas d'originalité.

D'après le savant professeur de l'Université de Kœnigsberg, si deux semailles de betteraves sont cultivées dans les mêmes conditions, mais les lignes étant orientées en sens contraire, les unes dans la direction nord-sud, les autres dans la direction est-ouest; la semaille nord-sud donnera une récolte supérieure comme poids de racines, comme richesse saccharine et comme quotient de pureté,

(1) *Journal des fabricants de sucre*, 1885.

mais fournira une moindre quantité de feuilles, ce qui semble paradoxal, d'après ce que nous avons vu dans les pages qui précèdent.

Le professeur Marck explique ces différences par l'action inégale de la lumière et de la chaleur solaires. Elles sont plus sensibles dans la culture en billons ou en ados que dans la culture à plat. Et lorsque les lignes sont orientées du nord au sud, la face tournée vers l'est reçoit le matin les rayons solaires et la face ouest les reçoit l'après-midi. L'absorption du calorique est plus considérable que lorsque l'orientation des lignes est parallèle à la direction est-ouest.

Une des principales causes des insuccès dans la culture betteravière provient de la nature et du mode d'emploi des engrais. Avec le fumier de ferme à dose trop forte on ne peut obtenir que des betteraves d'un titre saccharin peu élevé.

Les fumiers longs et pailleux donnent des racines fourchues, pauvres et qui ne mûrissent pas.

Il résulte de nombreuses observations qu'il faut proscrire l'emploi du fumier répandu au printemps, car il n'a pas le temps de se décomposer. L'enfouissement de ce même engrais avant l'hiver, dès le commencement de l'automne, n'a pas les mêmes inconvénients, car il est bien avancé lors des semailles pour ne plus agir d'une façon défavorable, son azote et les sels sont diffusés, l'azote est nitrifié.

Le professeur Marcker estime les quantités de fumiers dont se servent les cultivateurs allemands à 24 000 kilogrammes à l'hectare. Ils obtiennent un rendement en poids satisfaisant.

Ce qui paraît être le plus convenable pour le cultivateur, c'est une demi-fumure d'engrais de ferme avant l'hiver, complétée par une demi-fumure d'engrais chimiques d'une

bonne formule, au moment de l'ensemencement (1). Les engrais qu'il faut appliquer sont : le sulfate d'ammoniaque, le superphosphate, le nitrate de potasse, auquel on peut ajouter le sulfate de chaux ou plâtre. L'abus du nitrate semble défavorable à la richesse saccharine.

M. Dudoüy (2) a fait des expériences comparatives à ce sujet sur trois lots, avec :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Sulfate d'ammoniaque.......	400 k.	400 k.	400 k.
Superphosphate.............	800	800	1200
Nitrate de potasse..........	»	200	100
Plâtre......................	200	200	200

Il a obtenu, comme rendements à l'hectare :

N° 1	47 000 k.
N° 2...........................	57 000
N° 3...........................	57 500

Et comme richesse saccharine :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Sucre......................	15,15	10,85	12,18
Glucose....................	0,08	0,08	0,07
Cendres....................	0,77	0,95	0,85
Eau........................	79,18	82,80	82,00
Divers.....................	4,82	5,32	4,60
	100,00	100,00	100,00

M. Raquet conseille l'emploi, au moment de la semaille, en avril, de 800 kilogrammes d'engrais chimique, soit 300 de nitrate de soude et 500 de superphosphate titrant au minimum 12 d'acide phosphorique, 45 d'azote contre 72 d'acide phosphorique.

Dans les terrains argilo-calcaires un peu secs, plus

(1) Maurice Malé, *la Betterave : culture de la betterave à sucre.*

(2) Alfred Dudoüy, *Produits des champs d'études de Saint-Ouen-l'Aumône (Seine-et-Oise)*, 1880. Fumure rationnelle aux engrais chimiques.

riches en acide phosphorique, on n'emploiera que 400 kilogrammes de superphosphates, au lieu de 500 à 600.

Dans les terrains humides, 100 kilogrammes de nitrate de soude sont remplacés par 100 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque ; dans ce cas, on aura 100 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque contre 200 kilogrammes de nitrate de soude.

Dans aucun cas il ne faut dépasser la dose de 300 kilogrammes de nitrate par hectare et par an, sous peine de détériorer le sol, de le rendre peu à peu moins meuble et d'un travail plus difficile. Si donc le sol était assez pauvre ou si on ne disposait que de 20 000 kilogrammes de fumier au lieu de 25 000 ou 30 000, il faudrait suppléer à la différence, non pas par du nitrate, mais par un engrais organique de rapide décomposition, du tourteau en poudre par exemple, environ 600 kilogrammes à l'hectare, enfoui en février.

Ce qu'il importe de maintenir, fait remarquer M. Gossin, c'est une parfaite pondération entre l'azote, le grand agent de la végétation, et l'acide phosphorique, que l'on a appelé à juste titre le *père du sucre*.

N'oublions pas que pour 1 kilogramme d'azote, il faut 2 kilogrammes d'acide phosphorique soluble dans l'eau (1).

Il faut éviter à tout prix l'excès d'azote, ou augmenter la dose d'acide phosphorique pour que la maturité des betteraves soit complète dans les derniers jours d'août ou dans les premiers jours de septembre ; autrement, les feuilles trop développées empêchent l'action du soleil sur la plante et la formation du sucre. Avec un excès d'azote, les feuilles restent vertes et souvent ne parviennent pas à jaunir. Dans de semblables conditions, la racine ne peut atteindre une teneur saccharine très considérable.

(1) Ch. Gossin, *Production de la betterave riche*.

Nous connaissons en France, dit M. Henri Pellet, des fabricants qui, depuis quelques années, ont encouragé la culture par des primes de toutes sortes et qui ont cette année des racines de 1 000 à 1 100 grammes, contenant un jus de 14,5 de sucre pour 100 centimètres cubes. Et ils sont parvenus à cette richesse en signalant précisément le défaut d'un excès d'azote, d'un trop grand espacement, etc. Ils surpayent la betterave, mais tout le monde y trouve son compte (1).

Des belles recherches de M. Pagnoul, auxquelles il faut toujours recourir lorsqu'il s'agit de la betterave à sucre, il résulte, quant au *rendement*, que les résultats donnés par l'azote organique avec ou sans phosphate sont particulièrement intéressants. Le rendement sans acide phosphorique est presque nul; cet acide a donc été nécessaire soit à l'assimilation de l'azote, soit peut-être à sa nitrification, l'acide phosphorique remplissant un rôle nécessaire dans toute fermentation.

Quant à la potasse, son action a été nulle sur le rendement; elle peut donc être remplacée par la soude. On pourrait peut-être se demander si ces bases jouent bien un rôle direct dans la végétation ou si elles ne font que servir d'introducteurs à l'azote en lui permettant de prendre la forme nitrique.

Quant à la *richesse*, elle est diminuée par la présence de l'azote nitrique en excès, comme il a dû l'être dans ces expériences, et la partie sans nitrates donne, pour la même densité, plus de richesse et par conséquent une pureté plus grande.

Sur les racines qui n'ont reçu que de l'azote organique, l'absence de l'acide phosphorique donne non seulement une diminution de rendement, comme nous venons de le voir, mais aussi un fort abaissement de richesse.

(1) H. Pellet, *Notes de voyage*.

La potasse paraîtrait un peu plus favorable que la soude à la formation du sucre. La richesse la plus faible est donnée en effet par les plantes qui n'ont pas reçu, dans ces expériences, de chlorure de potassium et dans lesquelles la proportion de soude est considérable. On aurait avec la soude plus de rendement, avec la potasse un peu plus de richesse, mais en somme à peu près la même production de sucre à l'hectare (1).

C'est surtout le rôle prépondérant de l'acide phosphorique qui ressort de toutes ces expériences. Mais sous quelle forme faut-il l'appliquer? M. Ladureau a fait d'intéressantes recherches à ce sujet.

Dans un champ de nature parfaitement homogène et dont le sol ne renfermait que $0^{g},64$ d'acide phosphorique par kilogramme, c'est-à-dire une proportion tout à fait insuffisante, il a cultivé des betteraves avec la même dose d'acide phosphorique (100 kilogrammes par hectare) sous ces trois formes : 1° phosphate de chaux tribasique ; 2° phosphate précipité ; 3° superphosphate.

Les betteraves furent semées en même temps sur chacune des parcelles, auxquelles on adjoignit une pièce sans phosphates, comme termes de comparaison.

Au moment de l'arrachage des racines, on pesa avec soin la récolte de chaque champ d'expériences, et on trouva sur le champ sans phosphate, 45 475 kilogrammes de betteraves.

Avec le phosphate précipité il obtint 51 485 kilogrammes, et avec le superphosphate, 52 253 kilogrammes.

(1) *Expériences faites sur la culture de la betterave*, par M. G. Delisse, avec analyses et études comparatives faites à la station agronomique du Pas-de-Calais. *Expériences de culture faites dans le sable*, par M. Pagnoul. (Extrait de *la Sucrerie indigène et coloniale*, 1886, Paris.)

L'avantage, quant au rendement, semble donc rester au superphosphate.

En ce qui concerne la richesse, nous avons :

Engrais : Rien.......	Sucre produit à l'hectare :		4 579 k.
Phosphate précipité...	—	—	5 040
Superphosphate......	—	—	5 350

Là encore, l'avantage reste aux superphosphates.

Nous voilà donc à peu près fixé sur la valeur des engrais artificiels à appliquer au printemps, quant aux rendements et quant à la richesse; maintenant reste à voir leur mode d'enfouissement. On a dit souvent que ces engrais devaient être répandus à la surface du sol, que les pluies se chargeaient seules de les faire pénétrer à la portée des racines ; toutefois, M. Petermann a voulu se rendre compte du fait, il a exécuté bon nombre d'expériences fort curieuses, poursuivies de 1881 à 1883; elles l'ont conduit à cette conclusion dont l'importance est capitale :

L'engrais artificiel, composé de superphosphate de chaux et de nitrate de soude, ou de superphosphate et de nitrate de soude, de sulfate d'ammoniaque et d'azote organique, appliqué au printemps, en terre sablo-argileuse, à la culture de la betterave à sucre, doit être enterré par un labour profond. L'enfouissement à la herse ou par un labour superficiel est insuffisant pour retirer de l'engrais son maximum d'effet, le pouvoir absorbant du sol sablo-argileux étant trop énergique pour que les éléments nutritifs puissent, même dans les années pluvieuses, descendre dans les couches inférieures du sol arable, où les racines pivotantes puisent leur nourriture.

Le mode différent d'emploi de l'engrais est sans influence sensible sur l'élaboration du sucre.

L'application de l'engrais dans les lignes, en même temps que la plantation de la graine, retarde la levée de

plusieurs jours, ce qui peut compromettre une récolte par un printemps sans pluie et à vents desséchants. Des conditions climatériques favorables peuvent faire regagner à la betterave le retard éprouvé, sans qu'elle arrive cependant' d'après nos expériences, au même rendement que les betteraves sur engrais enterré par un labour et n'ayant éprouvé aucun retard dans leur levée (1).

D'autres expériences du même genre faites par M. Guinon, directeur de la station agronomique de Châteauroux, et par M. Van den Berghe, au laboratoire agricole de Roulers, sont venues confirmer celles de M. Petermann.

Comme on peut voir, la culture de la betterave est, après le blé, la plus importante de notre pays. Elle soulève des problèmes scientifiques et économiques du plus grand intérêt, qui expliquent suffisamment pourquoi nous nous sommes si longuement étendu à son sujet.

En définitive, nous pouvons résumer la question en quelques alinéas :

1° Le cultivateur, étant donnée la législation nouvelle, a tout intérêt à produire de la betterave riche ;

2° Il devra viser à la fois, la qualité et la quantité. Il y arrivera :

En rapprochant les plants, de manière à laisser en moyenne 10 à 12 pieds au mètre carré ;

En corrigeant l'influence fâcheuse d'un excès d'engrais azoté par l'adjonction de l'engrais phosphaté ;

En semis de bonnes graines de variétés riches ;

3° Il évitera les betteraves racineuses en labourant profond et en se servant de fumiers bien décomposés.

En cultivant de la sorte, le cultivateur aura un double

(1) Petermann, *Recherches sur le meilleur mode d'emploi des engrais artificiels appliqués à la culture de la betterave à sucre.* (*Bulletin de la station agron. expér. de l'État à Gembloux*, n° 29, janvier 1884).

avantage : celui de produire de la betterave riche qui lui sera payée selon sa richesse même. En outre, il n'épuisera pas son sol, et en tous cas l'épuisera moins qu'en produisant de la betterave pauvre.

D'ailleurs les agriculteurs cultivant la betterave à sucre peuvent restituer au sol les éléments minéraux que les racines ont pris au sol, en laissant les feuilles sur le sol et en ramenant de la fabrique de sucre les *pulpes*, ou résidus de la fabrication du sucre, qui, débarrassées de la matière sucrée renferment presque tout l'azote et l'acide phosphorique de la betterave ; ces pulpes constituent par cela même une excellente nourriture pour le bétail.

Suivant que les fabriques extraient le sucre par le système des *presses* ou par la *diffusion*, on obtient des pulpes de nature différente.

Or, il est à remarquer que le système de la diffusion retire plus de sucre des betteraves que l'ancien système des presses, mais les pulpes de diffusion sous un même volume sont moins nutritives que les pulpes de presses, parce qu'elles sont plus aqueuses. Il y avait donc là, entre agriculteurs et sucriers, un antagonisme au sujet duquel nous devons dire quelques mots.

Dans le travail ordinaire par les presses hydrauliques, on a en vue le déchirement des parois de la cellule par le râpage, afin d'en extraire le contenu par l'action toute mécanique des presses, tandis que par la diffusion on cherche, autant que possible, à conserver les cellules intactes, en découpant les betteraves en minces lanières ou *cossettes*, pour les épuiser par l'eau tiède d'après les lois de la diffusion. Dans le premier cas, toutes les matières contenues dans la cellule : sucre, sels, matières albuminoïdes, fait remarquer M. Petermann, vont dans le jus ; dans le second cas, ce sont surtout les corps cristallisables qui, passant à travers la membrane de la cellule, entrent dans le jus,

tandis que les corps difficilement diffusibles (albumine) restent dans le résidu.

Lors des premières applications de la diffusion, les cultivateurs montraient une grande défiance envers les pulpes de diffusion. La grande quantité d'eau (94 à 96 pour 100 en sortant des diffuseurs) que les cossettes épuisées retiennent, présentait de sérieux inconvénients, non seulement au point de vue du transport et de la conservation, mais aussi au point de vue de l'alimentation.

En effet, il résulte d'expériences faites en Allemagne, qu'une ingestion par les animaux de trop fortes quantités d'eau renfermée dans les aliments, produit des pertes notables. L'animal dépense inutilement du calorique pour élever à la température de son corps celle de l'eau qu'il a incorporée et pour éliminer celle-ci par une transpiration surabondante ; de plus, cette eau augmente d'une manière considérable la décomposition de l'albumine de circulation.

L'invention de la presse Klusemann qui permet de réduire de 95 à 90 pour 100 le titre en eau des cossettes, c'est-à-dire de doubler celui de matière sèche, constitua donc un progrès manifeste.

Il résulte de recherches précises que, rapportées au même degré d'humidité, les cossettes constituent un fourrage plus riche et d'un rapport nutritif plus étroit que les pulpes de diffusion.

En effet, MM. H. Pellet et Ch. Le Lavandier ont obtenu les résultats d'analyse suivants :

	Pulpes	
	de presses.	de diffusion.
Matière sèche	21,96	8,05
Cendres pour 100 de matière sèche...	5,10	5,4
— — — normale.	1,13	0,435

Les mêmes auteurs ont dosé l'acide phosphorique et l'azote dans quatre échantillons, savoir :

A. Pulpes de presses hydrauliques anciennes (deux ans).
B. Pulpes de presses hydrauliques nouvelles.
D. Pulpes de diffusion anciennes (deux ans).
E. Pulpes de diffusion nouvelles.

Pour l'azote total, dans les pulpes obtenues industriellement, les résultats ont été les suivants :

Azote total................	Pulpes de presses.		Pulpes de diffusion.	
	A	B	D	E
Pour 100 de matière sèche...	1,045	1,160	1,366	1,190
— — normale.	0,234	0,294	0,198	0,151

Pour l'acide phosphorique, MM. Pellet et Le Lavandier ont obtenu (1) :

Tableau XXXIX.

	PULPES DE Presses hydrauliques.		PULPES DE Diffusion.	
	A	B	D	E
Acide phosph. p. 100 de matière normale.	0,069	0,080	0,026	0,023
Acide phosph. p. 100 de matière sèche...	0,310	0,320	0,180	0,185
Acide phosph. p. 100 de cendres.........	1,880	2,980	1,770	3,200

De ces chiffres, on déduirait que 100 kilogrammes de pulpes hydrauliques seraient remplacés par 152 kilogrammes de pulpes de diffusion.

Or, si, en pratique, on donne ces poids respectifs, on arrive toujours, pour produire le même résultat, à di-

(1) *Annales agronomiques*, t. VI, H. Pellet et Ch. Le Lavandier, *Sur la valeur relative des pulpes de diffusion.*

minuer insensiblement la quantité de la pulpe de diffusion. Cela tient à plusieurs causes :

1° A l'état physique différent sous lequel se présentent les deux pulpes. La pulpe de diffusion conservant plus ou moins la structure de la betterave, tandis que les pulpes de presses hydrauliques présentent des cellules entièrement déformées.

De ce fait, la matière solide de la pulpe de diffusion occupe un volume plus considérable que dans la pulpe de presse, ce qui doit aider à son assimilation ou à sa digestibilité.

2° L'état différent de l'azote. — En effet, les matières azotées, dont la quantité peut être déduite du dosage de l'azote total, sont-elles identiques dans les deux espèces de pulpe ? Cela n'est pas certain *a priori;* en effet, dans les végétaux, on rencontre l'azote sous quatre formes principales, qui se trouvent toutes quatre dans la betterave ; on y distingue sans peine :

1° Azote sous forme de sels ammoniacaux ;

2° Azote sous forme de nitrates ;

3° Azote à l'état de substances albuminoïdes (albumine, légumine) ;

4° Enfin l'azote sous forme de bétaïne, d'asparagine, de leucine, etc.

De ces faits, il résulte que le dosage de l'azote total, tel qu'on a l'habitude de le faire par la chaux sodée et qui confond tous les azotes, ne fournit pas de bases sérieuses lorsqu'on veut comparer la valeur nutritive de la betterave.

Nous ne pouvons entrer dans tous les détails que donnent MM. Pellet et Ch. Le Lavandier concernant les méthodes d'analyses. Toutefois, à la suite de leurs recherches, ils sont arrivés à la conclusion suivante : La pulpe de diffusion, à poids égal de matière sèche, aura toujours plus de valeur nutritive que la pulpe de presses

hydrauliques, vu surtout sa digestibilité et l'état de l'azote contenu qui est, pour les trois quarts, sous forme de principes albuminoïdes, tandis que ces principes azotés ne fournissent que la moitié de l'azote total des pulpes de presses hydrauliques.

L'introduction de la diffusion constitue donc un progrès manifeste au double point de vue industriel et commercial. Ce système conserve à l'agriculture, sous forme d'un aliment convenable, des milliers de kilogrammes d'azote sous forme albuminoïde qui, dans le système des presses hydrauliques, sont perdus pour elle en grande partie.

Beaucoup d'éleveurs prétendent que la pulpe de betterave a une valeur nutritive égale, sinon supérieure, à celle des betteraves mêmes ; ce qui paraît être en contradiction avec le fait que la racine dépourvue de son sucre engraisse au même degré que la racine sucrée.

Cette affirmation, dit M. Vœlcker (1), ne peut vouloir dire, en effet, que 1 000 kilogrammes de betteraves fraîches sont moins nourrissantes que 1 000 kilogrammes de ces mêmes betteraves sans sucre ; mais bien que, poids pour poids, la pulpe est égale ou supérieure comme nourriture d'engrais à la racine elle-même.

II. La culture du tabac est la seule qui ne soit pas libre en France. La production du tabac est un monopole réservé par l'État et autorisée seulement dans seize départements, qui sont : les Alpes-Maritimes, les Bouches-du-Rhône, Dordogne, Gironde, Ille-et-Vilaine, Landes, Lot, Lot-et-Garonne, Meurthe-et-Moselle, Nord, Pas-de-Calais, Hautes-Pyrénées, Haute-Saône, Savoie, Haute-Savoie, Var. Dans ces départements, la culture est réglementée par des ordonnances sévères (loi du 21 décembre 1862), l'État prescrit non seulement la variété à cultiver, mais le mode de culture.

(1) Ronna, *Travaux et expériences du docteur Vœlcker.*

Les feuilles récoltées ne peuvent être vendues qu'à l'Administration et aux prix fixés d'avance par elle. La France produit environ 150 000 quintaux de tabac par an qui, au prix moyen de 90 fr. 50 le quintal, donnent une valeur totale de plus de 13 millions et demi. En outre, l'État achète des tabacs étrangers, mais seulement jusqu'à concurrence d'un cinquième.

D'après Posselt et Reimann, les feuilles de tabac contiennent, à l'état normal, les substances suivantes :

Eau	88,080
Fibre ligneuse	4,969
Matière extractive faiblement amère	2,840
Gomme mêlée d'un peu de malate de chaux	1,140
Substance analogue au gluten	1,048
Résine verte	0,261
Albumine végétale	0,260
Nicotine	0,060
Matière grasse volatile (nicotianine)	0,010
Acide malique	0,510
Malate d'ammoniaque	0,120
Sulfate de potasse	0,048
Chlorure de potassium	0,063
Azotate et malate de potasse	0,095
Phosphate de chaux	0,166
Malate de chaux	0,242
Silice	0,088
	100,00

A l'état sec, les feuilles de tabac renferment 5 à 6 pour 100 d'azote. En moyenne elles contiennent 23 pour 100 de matières minérales, dont la plus grande partie est renfermée dans les *côtes* ou nervures.

D'après les analyses de MM. Will et Frésénius, les cendres présentent la composition suivante :

Potasse	15,52
Soude	0,25
Chaux	38,40

Magnésie	12,08
Chlorure de sodium	5,16
— de potassium	3,11
Phosphate de fer	6,42
— de chaux	0,59
Sulfate de chaux	6,96
Silice	9,51
	100,00

Le tabac est une des plantes qui renferment le plus de matières minérales.

La qualité d'un tabac dépend de sa richesse en nicotine et de sa combustibilité.

La teneur en nicotine varie beaucoup selon le climat, la nature du sol, les conditions de végétation, de la variété, etc. Chose curieuse, l'influence de l'engrais est nulle dans ce sens.

Voici quelques chiffres résultant des analyses faites au laboratoire de l'École d'application des manufactures de l'État, sous la direction de M. Th. Schlœsing :

Tabacs séchés à 100 degrés.	Nicotine pour 100.
Maryland	2,29
Alsace	3,21
Pas-de-Calais	4,94
Kentucky	6,09
Ille-et-Vilaine	6,29
Nord	6,58
Virginie	6,87
Lot-et-Garonne	7,34
Lot	7,96

Plus le tabac est récolté de bonne heure, moins il contient de uicotine, donc la proportion de cet alcaloïde augmente avec la durée de la végétation.

D'après M. Schlœsing, des feuilles sèches analysées très jeunes contenaient :

Le 25 mai............	0,79	pour 100 de nicotine.	
Le 18 juillet..........	1,21	—	—
Le 6 août............	1,93	—	—
Le 8 septembre.......	3,36	—	—
Le 25 septembre......	4,32	—	—

La combustibilité des tabacs est non moins importante. On appelle ainsi le temps plus ou moins long pendant lequel un cigare ou une pipe peut rester allumé entre deux aspirations. Cette combustibilité ne dépend que de la proportion de sels de potasse renfermés dans le tabac. La conclusion pratique de ce fait, comme nous le verrons plus loin, est qu'il faut donner des engrais potassiques au tabac.

Un cigare qui garde le feu trois minutes est *très combustible*.

Un cigare qui garde le feu deux minutes est *combustible*.

Un cigare qui garde le feu une minute est *peu combustible*.

Un cigare qui garde le feu une demi-minute est *très peu combustible*.

Un cigare qui garde le feu moins d'une demi-minute est *incombustible*.

Quand un tabac naturel est réellement combustible, on trouve dans ses cendres du carbonate de potasse en plus ou moins grande abondance. On y trouve encore des sels organiques à base de potasse.

D'après M. Schlœsing, quand un tabac naturel est incombustible, ses cendres ne contiennent pas de carbonate de potasse ; les sels organiques à base de potasse sont dans ce tabac, si toutefois il en existe, en quantité moindre que dans un tabac combustible.

Un tabac naturel, incombustible, devient combustible quand on lui incorpore un sel organique à base de potasse

en quantité telle, que les cendres du tabac ainsi traité renferment du carbonate de potasse.

Un tabac naturel, combustible, perd sa combustibilité quand on lui incorpore une substance telle, que les cendres ne contiennent plus de carbonate de potasse (1).

Le tabac demande un sol profond, de consistance moyenne, riche en *vieille graisse*, propre, bien ameubli par un bon labour donné en automne et un autre à la fin de l'hiver; enfin, deux labours légers séparés par un hersage, donnés dans le courant d'avril. La fumure doit être répandue après le labour d'automne et enfouie par le labour d'hiver.

Le tabac n'est pas semé à demeure à cause de la finesse de ses graines, on le sème en pépinière en mars et on le transplante en juin. Les soins d'entretien consistent en binages légers, faibles buttages, sarclages et pincement ayant pour but de favoriser le développement des feuilles inférieures.

Le tabac est très sensible aux influences atmosphériques; c'est là plutôt que réside la difficulté de sa culture.

Les vents violents, lorsqu'ils soufflent à l'époque de la maturité des feuilles, sont fort dangereux. Les feuilles secouées et agitées en tous sens s'entre-déchirent et se percent de trous qui leur font perdre la moitié de leur valeur.

La grêle est particulièrement nuisible au tabac : il suffit qu'il tombe deux ou trois grêlons par pied, de la grosseur du gros plomb, pour que la plantation soit à peu près perdue.

Le tabac que le planteur vend à la régie est loin d'être homogène. La même plantation, et souvent le même pied, fournira du tabac à 1 fr. 40 et à 10 centimes le kilogr.

(1) *Le Tabac, sa culture*, par Th. Schlœsing et L. Grandeau. Paris.

La régie française prépare des tabacs à fumer, des cigares, du tabac en poudre ou à priser et des cigarettes.

Le tabac à fumer ou *scaferlati* se prépare avec les productions suivantes :

30	Kentucky.	
24	Maryland. Ohio.	
12	Levant. Hongrie.	
12	Alsace.	
14	Indigène.	
8	Algérie.	= 100.

Les cigares vendus 10 centimes se font avec :

80	Brésil. Mexique.
20	Gironde, Meurthe-et-Moselle, Savoie, etc. = 100.

Les cigares à 5 centimes et à 7 centimes et demi avec :

35	Kentucky.
10	Hongrie.
44	Indigène.
4	Alsace.
7	Algérie.

Dans le tabac à priser entrent les productions suivantes :

25	Virginie.
5	Kentucky.
44	Lot. Lot-et-Garonne. Nord. Ille-et-Vilaine.
26	Coupures, débris divers.

Les engrais artificiels les plus communément employés pour le tabac sont : les superphosphates à la dose de 200 à 600 kilogrammes à l'hectare, le nitrate de potasse de 300 à

600 kilogrammes (le nitrate de soude doit être évité avec soin pour cette culture, car il nuit à la combustibilité) ; le sulfate de chaux à la dose de 100 à 200 kilogrammes, enfin le sulfate de magnésie à la dose moyenne de 80 kilogrammes à l'hectare.

Le commerce du tabac, sous ses différentes formes, a pris une extension énorme ; on compte que la dépense totale par an en France, y compris le bénéfice du débitant, dépasse 400 millions de francs.

En 1884, l'exploitation du monopole des tabacs a procuré à l'État 377 600 000 francs, avec une dépense de 72 600 000 francs, soit un excédent de recette de 305 millions de francs.

Le *colza*, surtout cultivé dans les départements du nord, occupait en France, en 1883, une superficie de 103 000 hectares ; il produisait cette même année 1 363 milliers d'hectolitres de graines. Cette culture se restreint d'année en année à cause de l'importation des graines étrangères à bas prix.

Il en est de même pour l'œillette, la cameline, la navette, etc.

Le *chanvre* et le *lin* sont des plantes industrielles à double titre. Ce sont des plantes textiles et oléagineuses tout à la fois. Ces deux cultures se restreignent de plus en plus.

Cette décadence de la culture des plantes textiles, fait remarquer M. de Foville, s'explique par la concurrence étrangère.

L'importation des lins russes et autres représente maintenant un chiffre supérieur à celui de la production indigène.

En 1862, le lin était cultivé en France sur une étendue de 105 435 hectares.

En 1871, il en restait 79 721.

En 1886 : 50000 hectares seulement.

Comme on le voit, le maximum a été atteint en 1862, car, alors avait lieu la guerre de sécession en Amérique et le coton avait subi une hausse de 300 à 400 pour 100.

Nous importons aussi du chanvre (de 150000 à 250000 quintaux). C'est, d'ailleurs, une fibre de moins en moins demandée : on lui préfère tantôt le lin, tantôt le jute ; la substitution de la marine à vapeur à la marine à voiles a dû contribuer aussi à réduire la consommation du chanvre.

On s'occupe beaucoup depuis quelques années de la culture d'une nouvelle plante textile, la *Ramie* ou ortie de Chine, qui a fait son apparition en France en 1829, mais il n'y a guère qu'une dizaine d'années qu'on s'occupe de la cultiver en vue de son application à l'industrie ; encore ce problème, à l'heure qu'il est, n'est-il pas tout à fait résolu.

Enfin parmi les plantes industrielles arbustives nous devons mentionner la *Vigne*, culture autrefois très florissante, aujourd'hui ravagée par le phylloxera et dont la culture constitue une branche spéciale de l'économie rurale, la *viticulture,* que nous ne pouvons développer ici.

L'olivier n'est cultivé que dans quelques départements riverains de la Méditerranée. Cette culture occupe actuellement en France 109000 hectares ; la production totale est évaluée à 1550000 hectolitres d'olives valant de 17 à 20 francs l'hectolitre.

CHAPITRE XI.

LES PRAIRIES NATURELLES.

Les plantes fourragères. — Leur rôle en agriculture. — Prairies naturelles ou polyphytes. — Les pâturages. — Les herbages. — Étendue prairiale de la France à différentes époques. — Les prairies et l'élevage du bétail. — Les plantes qui entrent dans la composition des prairies naturelles. — Les légumineuses, les graminées, les plantes diverses. — Énumération des plantes utiles, nuisibles aux prairies mêmes, nuisibles au bétail. — Plantes inutiles. — Formules d'association de plantes pour prairies et quantités de graines à répandre par hectare. — Mélanges pour les sols argileux, sablonneux, calcaires, marécageux. — Composition chimique des légumineuses et graminées fourragères. — Éléments utiles qu'elles prennent au sol. — Amélioration du sol par la prairie. — Création des prairies naturelles. — Les prairies irriguées. — Rendement des prairies. — Prix de revient approximatif du foin. — Qualités du foin. — La récolte. — Le fanage. — La récolte du foin dans les contrées humides. — Fabrication du *foin brun*. — Méthode Klappmeyer. — Composition chimique du foin brun, comparée au foin naturel. — Conservation du foin. — Compression. — Presse à foin du général Morin. — Les prairies Goëtz. — Définition. — Leurs avantages. — Graminées qui composent la prairie Goëtz. — Époque de la floraison. — Semis des prairies Goëtz. — La coupe précoce. — Frais de culture des prairies Goëtz d'une durée de douze et de quinze ans : frais de premier établissement. — Bénéfices réalisés. — La durée de la prairie Goëtz. — Mise en valeur des terrains pauvres par ce système de prairies. — Avantages et inconvénients. — Travaux de M. Boitel concernant les prairies Goëtz. — Conclusion.

Dans son acception la plus large, on réserve l'appellation de *plantes fourragères* à toutes les plantes cultivées dans le but de substanter le bétail.

Les plantes fourragères comprennent donc :

1° Les prairies naturelles; 2° les prairies artificielles; 3° les plantes à racines et à tubercules. — Les prairies naturelles doivent seules, en raison de leur importance, nous occuper dans ce chapitre.

On donne le nom de *prairies* à des étendues couvertes d'*herbes*, destinées à fournir des fourrages secs pendant la saison de l'année où la végétation est suspendue.

On appelle prairies *naturelles ou polyphytes*, les prairies formées d'un grand nombre d'espèces végétales, spontanées ou semées par l'homme.

Lorsque les herbes des prairies sont consommées sur place au lieu d'être fauchées et desséchées, on a un *pâturage*. On réserve plus généralement l'appellation de *pâtis* aux prairies peu fournies qui servent autant de parcours que de pâturages.

Les *herbages* ou *embouches* sont des prairies à végétation constante qu'on ne fauche que très rarement.

Les prairies exclusivement composées de luzerne, de trèfle, de sainfoin, etc., sont appelées prairies *artificielles* ou monophytes; elles ont une durée limitée.

Toutes les agricultures, tant anciennes que modernes, ont consacré la prairie.

En 1700, il y avait en France 4 267 000 hectares de prairies naturelles (Vauban).

En 1760, d'après Mirabeau, il y avait 5 millions d'hectares de prairies dans notre pays.

En 1802, on en comptait 6 605 000 hectares. Vingt-sept ans plus tard, c'est-à-dire en 1829, d'après les documents administratifs, les prairies occupaient une étendue de 3 980 000 hectares.

En 1851, ce chiffre s'élevait à 5 057 232 hectares, sur lesquels il y avait 1 509 990 hectares de prairies irriguées.

Aujourd'hui, l'étendue consacrée aux prairies et her-

bages dépasse 6 millions d'hectares, qui représentent une valeur foncière d'environ 15 milliards de francs (1), donnant un revenu de 2 milliards de francs annuellement.

Le rôle économique de la prairie, par suite des nouvelles circonstances qui sont faites à notre agriculture, est d'une importance capitale. Comme nous l'avons déjà vu, la production des céréales en France est devenue beaucoup moins rémunératrice qu'il y a soixante ans, par exemple. Ceci est dû à deux causes : d'abord à la concurrence des pays étrangers, notamment les États-Unis d'Amérique, les Indes, etc., qui produisent le blé à un prix de revient bien inférieur au nôtre, ensuite à l'augmentation toujours croissante des salaires, qui est loin d'être négligeable dans ce cas, car la production des céréales nécessite des opérations culturales nombreuses et variées. Aussi, partout où l'établissement des prairies a été possible, a-t-on restreint l'étendue cultivée en céréales ; Le bétail se vendant bien, on a tout avantage à faire des fourrages et on se met en outre, de cette manière, à l'abri des exigences de la main-d'œuvre, car, comme le faisait déjà remarquer l'agronome latin Columelle, « la culture des prairies demande plus d'attention que de travail. »

« Les plantes fourragères, dit M. Victor Borie, sont l'âme de tout progrès agricole : avec les fourrages on nourrit les bestiaux, avec les bestiaux on a de l'argent et du fumier, avec le fumier il n'y a pas de mauvaises terres. Le développement de la culture fourragère est le signe certain de l'agriculture améliorante, c'est la condition indispensable pour obtenir du sol de riches produits. » Enfin, la prairie n'est pas épuisante, car les plantes de la famille des légumineuses, toujours abondantes dans les prairies, prennent peu de matières nutritives dans le sol, elles absorbent

(1) Le chiffre est exactement : 14 799 518 127 francs, d'après les documents officiels.

surtout l'azote atmosphérique, sous une forme ou sous une autre, aussi augmentent-elles encore la richesse de la couche arable en y laissant leurs débris foliacés et leurs racines.

Malgré l'étendue considérable consacrée aux prairies en France, nous ne produisons pas assez de fourrages pour notre consommation. En effet, la plus grande partie du foin produit dans les exploitations est destinée à l'intérieur de la ferme ; peu d'agriculteurs produisent des fourrages pour la consommation des grandes villes ou de la cavalerie, aussi les importations viennent-elles combler le déficit.

Toutefois, il est à remarquer qu'avec l'étendue en prairies que nous possédons, nous pourrions très bien nous passer des foins étrangers, si ces prairies étaient bien conduites.

Pour les prairies, plus encore peut-être que pour les autres cultures, la qualité des produits a au moins autant d'importance que la quantité ; or, ce qui contribue surtout à satisfaire ces deux conditions sur un sol donné, c'est la nature des plantes qui composent la prairie ; au point de vue botanique, toutes les plantes des prairies peuvent être rangées en trois groupes :

1° Les légumineuses ;

2° Les graminées ;

3° Les plantes diverses.

Telle est la division botanique ; au point de vue cultural proprement dit, ces plantes, à quelque famille qu'elles appartiennent, peuvent être rangées dans l'une des quatre sections qui suivent :

1° Plantes utiles ;

2° Plantes nuisibles aux prairies elles-mêmes ;

3° Plantes nuisibles au bétail ;

4° Plantes inutiles.

Nous ne pouvons songer à décrire toutes ces espèces

végétales, mais nous devons les énumérer ; on trouvera leur description dans les traités spéciaux de botanique fourragère.

Parmi les plantes utiles, nous mentionnerons : Le paturin des prés (*poa pratensis*), le paturin commun (*poa trivialis*), le paturin annuel (*poa annua*), le dactyle pelotonné (*dactylis glomerata*), le vulpin des prés (*alopecurus pratensis*), la houlque molle (*holcus mollis*), la houlque laineuse (*holcus lanatus*), la flouve odorante (*anthoxanthum odoratum*), la fétuque des prés (*festuca pratensis*), la fétuque ovine (*festuca ovina*), la fléole des prés (*phleum pratense*), le ray-grass des Anglais (*lolium perenne*), le ray-grass italien (*lolium italicum*), le brome des prés (*bromus pratensis*), le brome mou (*bromus mollis*), l'agrostis stolonifère (*agrostis stolonifera*), la canche touffue (*aira cœpitosa*), la canche flexueuse (*aira flexuosa*), l'orge des prés (*hordeum pratense*), la brize tremblante (*briza media*), l'avoine élevée (*avena elatior*), la crételle des près (*cynosurus cristatus*), la glycérie flottante (*glyceria fluitans*), le sainfoin (*onobrychis sativa*), la lupuline (*medicago lupulina*), la luzerne maculée (*medicago maculata*), la luzerne faucille (*medicago falcata*), le trèfle blanc ou trèfle rampant (*trifolium repens*), le trèfle hybride (*trifolium hybridum*), le trèfle commun (*trifolium pratense*), le trèfle rouge (*trifolium rubens*), le trèfle des Alpes (*trifolium Alpinum*), l'anthyllide (*anthyllis vulneraria*), la gesse des prés (*lathyrus pratensis*), l'orobe blanc et l'orobe jaune (*orobus albus et luteus*), le mélilot officinal (*melilothus officinalis*), le lotier corniculé (*lotus corniculatus*), le lotier velu (*lotus villosus*), la berce commune (*heracleum spondyllum*), le bugle rampant (*ajuga reptans*), la jacée des prés (*centaurea jacea*), la pimprenelle (*poterium sanguisorba*), le serpolet (*thymus serpyllum*), la filipendule (*spirea filipendula*), la véronique des champs (*veronica

arvensis), la primevère officinale (*primula officinalis*), l'origan (*origanum vulgare*), la sauge sclarée (*salvia sclarea*), la menthe à feuilles rondes (*mentha rotundifolia*).

Parmi les plantes nuisibles aux prairies, nous mentionnerons particulièrement : les bruyères (*erica*), les joncs (*juncus*), la potentille anserine (*potentilla anserina*), l'asphodèle blanc (*asphodelus albus*), les fougères (*pteris*), la prêle des marais (*equisetum palustre*), la prêle des champs (*equisetum arvense*), les mousses, les lichens, etc., puis quelques plantes parasites parmi lesquelles on remarque surtout : la cuscute (*cuscuta*), l'orobanche, le rhizoctone, le rhinante crête-de-coq (*rhinanthus crista-galli*).

Parmi les plantes nuisibles au bétail, c'est-à-dire vénéneuses ou narcotiques, nous mentionnerons : le colchique d'automne ou safran des prés (*colchicum autumnale*), l'euphorbe des marais (*euphorbia palustris*), l'aconit napel (*aconitum napellus*), la ciguë maculée (*conium maculatum*), la ciguë vireuse (*cicuta virosa*), l'anémone pulsatille (*anemone pulsatilla*), le gouët maculé (*arum maculatum*), la renoncule âcre (*ranunculus acris*), la renoncule flammelle (*ranunculus flammula*), la renoncule scélérate (*ranunculus sceleratus*), le pédiculaire des marais (*pedicularia palustris*).

Or, toutes les autres plantes, c'est-à-dire celles qui ne sont ni utiles, ni nuisibles aux prairies, ni nuisibles au bétail, que l'on peut rencontrer dans une prairie, sont des plantes inutiles.

En ce qui concerne les plantes utiles, il importe qu'il y ait dans une bonne prairie une certaine proportion entre les légumineuses et les graminées ; de plus, toutes les plantes utiles énumérées plus haut ne se rencontrent pas toujours dans les prairies, même les meilleures ; leur nature et leur abondance relative varient nécessairement avec la nature du sol.

Voici, d'après M. G. Heuzé, quelques formules d'association de plantes et les quantités de graines à répandre par hectare.

Pour un sol argileux, l'un des mélanges suivants :

Ray-grass............	14 p. 100 =	7k,000	par hectare.
Paturin des prés......	12 —	2 ,400	—
Brome des prés......	10 —	6 ,000	—
Fétuque des prés.....	10 —	5 ,000	—
Fléole des prés.......	8 —	0 ,800	—
Avoine fromental.....	8 —	8 ,000	—
Dactyle..............	6 —	2 ,400	—
Agrostis stolonifère...	5 —	0 ,500	—
Houlque laineuse.....	5 —	1 ,000	—
Flouve odorante.....	3 —	1 ,200	—
Crételle des prés.....	3 —	0 ,750	—
Trèfle violet..........	6 —	1 ,200	—
— blanc..........	4 —	0 ,800	—
Lupuline.............	4 —	0 ,800	—
Lotier corniculé......	2 —	0 ,200	—
	100 parties.	38k,050	par hectare.

Ou bien :

Vulpin des prés......	10 p. 100 =	2k,500	par hectare.
Dactyle..............	10 —	4 ,000	—
Ray-grass............	10 —	5 ,000	—
Paturin des prés......	8 —	1 ,600	—
Avoine fromental.....	8 —	8 ,000	—
Fléole des prés......	6 —	0 ,600	—
Fétuque des prés.....	6 —	3 ,000	—
Paturin des bois......	5 —	1 ,000	—
Houlque laineuse.....	5 —	1 ,000	—
Paturin commun	5 —	1 ,000	—
Crételle des prés.....	4 —	1 ,000	—
Fétuque durette......	3 —	0 ,900	—
Flouve odorante......	2 —	0 ,800	—
Trèfle violet.........	8 —	0 ,600	—
— blanc..........	4 —	0 ,800	—
Lupuline.............	4 —	0 ,800	—
Lotier corniculé......	2 —	0 ,200	—

Dans un sol sablonneux, sec, l'un des mélanges ci-dessous :

Ray-grass............	12 p. 100	= 6k,000	par hectare.
Avoine fromental.....	12 —	12 ,000	—
Paturin commun......	8 —	1 ,600	—
Agrostis vulgaire.....	8 —	0 ,800	—
Avoine jaunâtre......	6 —	1 ,800	—
Fétuque durette.... .	6 —	1 ,800	—
— ovine........	5 —	1 ,500	—
Mélique ciliée........	5 —	1 ,500	—
Vulpin des champs...	5 —	2 ,500	—
Brome des prés......	5 —	3 ,000	—
Dactyle..............	5 —	2 ,000	—
Fétuque hétérophylle.	4 —	1 ,600	—
Flouve odorante......	3 —	1 ,200	—
Crételle des prés	3 —	0 ,750	—
Trèfle violet	4 —	0 ,800	—
— blanc..........	3 —	0 ,600	—
— filiforme.......	3 —	0 ,600	—
Lupuline	3 —	0 ,600	—

Ou bien :

Brome des prés	15 p. 100	9k,000	par hectare.
Avoine fromental.....	10 —	10 ,000	—
Ray-grass	8 —	4 ,600	—
Paturin des prés.....	8 —	1 ,000	—
Agrostis vulgaire.....	6 —	0 ,600	—
Avoine pubescente....	5 —	3 ,000	—
Dactyle..............	5 —	2 ,000	—
Mélique ciliée........	5 —	1 ,500	—
Houlque laineuse.....	4 —	0 ,800	—
Fétuque à feuilles menues	4 —	1 ,200	—
Fétuque durette......	4 —	1 ,200	-
Crételle des prés	2 —	0 ,500	—
Canche élevée........	2 —	1 ,200	—
— flexueuse	2 —	2 ,800	—
Flouve odorante......	4 —	0 ,800	—
Trèfle violet	4 —	0 ,800	—
— blanc..........	3 —	0 ,600	—

Trèfle filiforme.......	3 p. 100	0k,300	par hectare.
Lotier corniculé......	2 —	0 ,600	—
Pimprenelle..........	2 —	0 ,600	—
Millefeuille	2 —	0 ,120	—

Dans un terrain calcaire, on aura :

Brome des prés......	15 p. 100	9k,000	par hectare.
Avoine fromental	10 —	10 ,000	—
Ray-grass...........	10 —	5 ,000	—
Fétuque hétérophylle .	5 —	2 ,000	—
— durette......	5 —	1 ,500	—
Houlque laineuse.....	5 —	1 ,000	—
Fléole des prés.......	5 —	0 ,500	—
Dactyle..............	5 —	2 ,000	—
Flouve odorante......	4 —	1 ,600	—
Sainfoin.............	10 —	12 ,000	—
Anthyllide...........	8 —	1 ,200	—
Trèfle violet.........	5 —	1 ,000	—
Lupuline	5 —	0 ,800	—
Trèfle blanc..........	4 —	0 ,800	—
Pimprenelle..........	4 —	1 ,200	—
	100	49k,600	

Ou bien :

Ray-grass............	20 p. 100	10k,000	par hectare.
Paturin des prés	10 —	2 ,000	—
Avoine fromental.....	10 —	10 ,000	—
Brome des prés	10 —	6 ,000	—
Houlque laineuse.....	5 —	1 ,000	—
Avoine jaunâtre......	5 —	1 ,500	—
Fétuque durette......	5 —	1 ,500	—
Dactyle..............	5 —	2 ,000	—
Fléole des prés.......	4 —	0 ,400	—
Canche flexueuse.....	2 —	8 ,800	—
Sainfoin.............	7 —	8 ,400	—
Trèfle violet.........	4 —	0 ,800	—
Anthyllide...........	4 —	0 ,600	—
Trèfle blanc..........	3 —	0 ,600	—
Lupuline............	3 —	0 ,600	—
Trèfle filiforme......	3 —	0 ,600	—
	100	46k,800	

Enfin, dans un terrain marécageux, M. Heuzé recommande le mélange suivant (1) :

Fétuque élevé........	12 p. 100	6k,000 par hectare.
Agrostis stolonifère...	12 —	1 ,200 —
— vulgaire.....	10 —	1 ,200 —
Vulpin genouillé.....	10 —	2 ,500 —
Phalaris roseau......	8 —	2 ,000 —
Paturin aquatique....	8 —	1 ,600 —
Houlque molle.......	8 —	1 ,600 —
Ray-grass........	8 —	4 ,000 —
Fléole des prés.......	6 —	0 ,600 —
Mélique bleue.......	5 —	1 ,500 —
Fétuque flottante.....	4 —	1 ,600 —
Trèfle hybride.......	6 —	1 ,200 —
Lotier velu...........	3 —	0 ,300 —
	100	2k,300

Cette variété dans les espèces végétales qui doivent concourir à la formation d'une prairie n'est pas illusoire, elle a sa raison d'être. En effet, d'après M. Vilmorin, plus il y a de graines dans un mélange, meilleure est la prairie. Le sol se trouve moins épuisé, car chaque plante a ses préférences et se nourrit différemment.

Enfin, le mélange des légumineuses avec les graminées est nécessaire pour rendre le foin plus nutritif.

Voici, à ce sujet, un tableau des plantes de prairies récoltées en fleur sur le même champ, chez M. Vilmorin, en 1877 ; il donne l'expression maxima. .

En moyenne on a :

	Graminées.	Légumineuses.
Azote..................	116,94	229,51
Acide phosphorique.....	52,025	91,70
Potasse................	188,85	221,62
Chaux..................	43,08	146,57

(1) G. Heuzé, *les Pâturages, les Prairies naturelles et les Herbages*.

TABLEAU XL.

NOMS des PLANTES.	POIDS de l'individu moyen sec.	ÉLÉMENTS UTILES DANS 10 000 KILOGRAMMES DE FOIN SEC.					
		Azote.	Acide phosphoriq.	Potasse.	Soude.	Chaux.	Magnésie.
I. *Graminées.*							
Flouve odorante.	0,334	134,40	68,50	258,90	4,50	37,30	26,30
Fromental......	4,333	134,60	67,50	263,00	11,90	33,50	8,50
Fétuque des prés.	1,380	188,60	55,20	218,30	0,50	60,30	12,00
Vulpin des prés..	0,606	144,20	52,30	166,00	31,80	64,20	1,80
Paturin commun.	1,224	100,80	44,60	168,20	20,90	43,20	9,50
— des prés.	0,657	134,40	44,30	152,40	»	29,70	1,80
Dactyle.........	2,121	77,60	42,30	149,50	2,90	29,10	11,09
Fléole..........	1,914	77,20	41,30	166,10	1,10	32,10	1,60
Paturin des bois.	0,522	145,60	41,20	108,50	»	33,30	3,77
Crételle.........	0,667	99,10	37,20	152,40	3,80	43,60	8,10
II. *Légumineuses.*							
Trèfle violet.....	3,335	196,80	72,40	375,70	13,30	196,50	33,80
— hybride...	2,259	203,20	120,50	221,50	87,10	208,40	75,40
Lotier corniculé.	105.340	215,60	99,90	312,40	11,50	122,70	45,60
Sainfoin.	22,460	255,00	108,20	273,70	8,60	143,10	18,90
Lupin blanc.....	60,800	282,00	69,80	289.40	8,60	101,40	58,30
Galega officinal.	775,500	211,60	79,70	287,20	17,20	128,00	20,70

Le plus souvent, lorsque les agriculteurs veulent créer une prairie, ils négligent complètement les données qui précèdent, et ensemencent avec des balayures de foin ou fonds de grenier. Cette habitude qui a été prise en raison du prix de ces graines, loin de constituer une économie, est souvent une cause de nombreux mécomptes, ces graines renfermant toujours des plantes parasites très nuisibles, qui finissent par envahir complètement les prairies ainsi formées, et malgré la meilleure épuration, elles ne peuvent comprendre, comme le fait observer M. Forgeot, que des plantes hâtives, lesquelles sont toujours les moins propres à former une prairie durable, tandis que la plupart des fétuques et paturins qui devraient toujours dominer, pour avoir une prairie de premier ordre, y font complètement défaut;

d'ailleurs, la quantité énorme nécessitée par l'ensemencement de 1 hectare (environ 400 kilogrammes), le transport, l'emballage et la manipulation, ainsi que la difficulté d'enterrer convenablement ces graines, devraient les faire proscrire complètement, car elles nécessitent une dépense plus considérable que les mélanges spéciaux formés de graines pures, qui permettent de faire des compositions s'adaptant à chaque sol et donnant toujours des résultats assurés.

Les semis de prairies peuvent être faits indistinctement au printemps ou à l'automne, mais le semis de printemps est toujours préférable, car, dans les semis d'automne, les trèfles se trouvent quelquefois plus ou moins endommagés par l'hiver.

Le semis peut être fait soit dans une terre nue, soit parmi une céréale d'hiver ou de printemps ; pourtant le meilleur mode est de semer dans une orge assez claire, car le blé ou l'avoine, venant trop fort et versant assez souvent, étouffent les plantes les plus délicates et compromettent ainsi le succès.

On doit choisir pour le semis un temps sec et calme, car le vent nuit beaucoup à l'égale répartition des graines. On sème d'abord les grosses graines que l'on enterre par deux hersages donnés en long et en travers ; on sème ensuite les graminées fines et les trèfles que l'on enterre par un léger hersage, et l'on donne un roulage aussitôt que la terre est ressuyée.

A la fin de l'automne, on peut donner à ces prairies un coup de faux pour faire taller les graminées, puis on les fait pâturer par le bétail, à l'exception des moutons, qui pourraient arracher les graminées les plus fines, dont le développement ne serait pas suffisamment avancé.

La culture des prairies, pour être avantageuse, demande à être faite sous un climat constamment humide, à pluies

fréquentes mais peu abondantes, où les étés n'offrent pas de sècheresses prolongées. La Normandie, la Bretagne, la Belgique et l'Angleterre, ainsi que la Hollande, réunissent ces conditions.

Quelle est la nature de terre la plus favorable à la création et à l'établissement des prairies ?

Les terres sablonneuses ne sont généralement pas fertiles, de plus elles sont trop sèches pendant la saison chaude.

Les terres argileuses sont peu favorables aux prairies, car elles sont trop humides en hiver et trop sèches en été.

Quant aux terres calcaires, elles ne sont pas assez fraîches pendant la belle saison, pour que les prairies naturelles y soient avantageuses.

Les terres argilo-calcaires, ou bien les terres argilo-siliceuses qu'on a eu soin de marner, sont sans contredit celles qui conviennent le mieux aux prairies naturelles, car, pendant toutes les saisons, elles ne sont ni trop humides ni trop sèches.

La condition essentielle pour la réussite des prairies étant la fraîcheur, on comprend sans peine pourquoi c'est généralement dans les vallées arrosées par des rivières et des ruisseaux, ou à la base des coteaux, qu'on rencontre les plus belles prairies.

Ces conditions naturelles, fait remarquer M. Boitel, se réalisent pour un certain nombre de vallées qui sont à l'état de prairies naturelles depuis un temps immémorial. C'est la destination exclusive des vallées submersibles comme celles de la Saône, de la Moselle et de la Meuse. Pourquoi en est-il autrement pour d'autres vallées consacrées à d'autres cultures ? Les vallées de l'Aisne, de l'Oise, de la Somme et de la Seine, offrent relativement peu de prairies naturelles. Cela tient à ce que les rives de ces cours d'eau sont rarement submergées et à ce que les

cultures industrielles de cette région se sont montrées généralement plus avantageuses que la prairie naturelle. De même la vallée de la Loire, dont le sol est fertile et facile à cultiver, produit par les cultures de la vigne, du chanvre, des céréales et des fourrages, plus de bénéfice que par la prairie naturelle. La vallée de la Seine, sèche et siliceuse en Seine-et-Marne et Seine-et-Oise, convient moins à la prairie qu'à d'autres cultures moins exposées à souffrir de l'extrême perméabilité d'un sol trop souvent sablonneux et caillouteux. La vallée du Rhône, sèche et perméable, souvent sablonneuse et caillouteuse, ne convient pas non plus à l'établissement des prairies naturelles. Dans le Midi et en Algérie, la prairie naturelle devient de plus en plus rare dans les vallées qui manquent d'eau pour les irrigations d'été (1).

Nous avons vu que la prairie enrichit plutôt le sol qu'elle ne l'appauvrit ; toutefois il importe de faire ici une restriction. La production du foin enrichit la terre d'azote, mais elle l'épuise en sels minéraux assimilables. Or, à mesure que l'un ou l'autre de ces éléments diminue, le rendement faiblit et la puissance nutritive du foin produit seule la même marche, ainsi qu'il résulte des recherches de M. Joulie.

Parmi ces éléments minéraux nous devons surtout mentionner l'acide phosphorique et la potasse, qu'il importe de restituer aux prairies.

L'acide phosphorique et la potasse, suivant la remarque de M. H. Marié-Davy, sont, en réalité, à peu près les seuls éléments minéraux qui, par leur défaut, nuisent à la production des graminées et à leur puissance nutritive. Ce sont ces éléments qu'il faut surveiller avec le plus de soin et restituer au sol dès qu'il s'est appauvri. Et cependant

(1) A. Boitel, *Herbages et Prairies naturelles*, 1 vol. 1887.

la chaux n'en joue pas moins un rôle important dans les prairies, ne fût-ce que pour rendre l'azote dont elles s'enrichissent disponible, et pour empêcher les matières organiques d'y prédominer trop, en les ramenant au besoin à une proportion acceptable (1).

On comprend sans peine, d'après ce qui précède, qu'un grand nombre de circonstances doivent influer sur le rendement des prairies. La nature du sol, le climat, la flore, les méthodes culturales, etc., sont autant de causes qui militent en faveur de cette diversité de rendements.

En France, la proportion des prairies *à faibles rendements* l'emporte malheureusement de beaucoup sur celle à rendements élevés. La récolte moyenne par hectare peut être évaluée à 28 quintaux.

Les rendements de 2 000 à 1 500 kilogrammes de foin sec, et au-dessous, s'observent dans les prairies hautes, mal entretenues.

Les prairies basses donnent souvent des rendements élevés, surtout dans les années sèches, mais le foin produit est de mauvaise qualité.

Les prairies moyennes, non arrosées, donnent, suivant leur nature, des rendements qui oscillent entre 4 000 et 5 000 kilogrammes.

Enfin, les bonnes prairies, à deux, trois, et même quatre coupes, donnent de 6 000 à 10 000 kilogrammes de foin par hectare.

Dans le Midi, et surtout en Italie, ces quantités sont de beaucoup dépassées. Une prairie bien arrosée et bien entretenue donne facilement 12 000 à 15 000 kilogrammes de foin de bonne qualité par hectare. En Italie, les prés d'hiver ou *marcites,* qui sont fauchés quatre ou cinq fois par an, et qui reçoivent d'énormes quantités d'eau, rendent de 15 000 à 17 000 kilogrammes de foin sec par hectare.

(1) *Journal d'agriculture pratique,* 1887, t. II, p. 84.

On peut admettre, eu égard à leur productivité, cinq groupes bien distincts de prairies naturelles.

Nous les résumons dans le tableau ci-dessous :

Prairies	à plus de 2 coupes (irriguées).		Produisant de 6000 à 10000 kil. de foin.
	à 2 coupes	arrosées.	Produisant de 4000 à 5500 k. et un pâtur^e.
		non arr^s.	— de 3000 à 4000 k. et un pâtur^e.
	à 1 coupe	produisant	de 2000 à 2800 k. de foin.
		--	de 1800 à 1500 k. et au-dessous.

Or, d'après les calculs de M. Gobin, 1 000 kilogrammes de foin emmagasinés, reviennent de 30 à 35 francs, ainsi que le montre le détail ci-contre, pour 1 hectare :

Fauchage	7 fr.
Fanage, râtelage, etc	5
Mise en meule ou en grenier	3 50
Emmagasinage léger ou couverture de meule.	2 25
Bottelage (1 fr. 50 par 1000 kil.)	4 50
Transport, rentrée	7 »
Loyer du sol par hectare (un tiers pour le pâturage)	75 »
	104^f 25

Si nous supposons le produit en fourrage de 3000 kilogrammes, c'est un prix de revient de 34 fr. 75 par 1 000 kilogrammes de foin. Or, cette quantité se vend en moyenne, à Paris, hors barrière, de 80 à 100 francs.

Par cela même, quand un pré ne donne que 1 500 kilogrammes de foin par hectare, il est plus avantageux de l'utiliser comme pâturage. Il en est de même pour le regain, qu'on aurait plus d'avantage à faire pâturer, s'il ne devait fournir au moins 1 000 kilogrammes de fourrage sec.

En France, les départements qui, eu égard à l'étendue de leurs prairies, récoltent le plus, sont :

Le Calvados..................	3 600 000 quintaux
La Manche	3 300 000 —
Le Cantal....................	2 800 000 —
Les Vosges	2 200 000 —

Les prix auxquels se vendent ces fourrages varient aussi dans des limites sensibles ; mais ici, interviennent la qualité et les circonstances économiques locales, aussi les départements où l'hectare de prairie rapporte le plus ne sont pas ceux où la quantité produite est la plus forte.

Ce sont :

La Seine	210 fr.
Le Nord................................	180
Seine-et-Oise	179
Seine-et-Marne.........................	150

Au contraire, d'autres départements, où la culture des prairies est l'occupation presque exclusive des agriculteurs, retirent des bénéfices considérables des prairies, quoique celles-ci soient peu productives ; ici l'étendue cultivée contre-balance les rendements.

Ainsi, le Calvados ne retire pas moins de 17 millions de francs par an de ses prairies ; la Charente-Inférieure, 14 millions de francs ; les Vosges, 12 millions ; l'Orne, 10 millions.

Les qualités d'un foin dépendent de la nature des plantes qui le constituent, de leur degré de maturité et des procédés de fenaison et de conservation.

Le foin aura d'autant plus de qualité qu'il contiendra plus de légumineuses associées aux plus fines graminées. Mais, comme le fait remarquer M. Boitel, si le fanage est trop énergique, les légumineuses laisseront leurs feuilles sur le terrain.

La pluie et la rosée qui blanchissent le foin lui enlèvent aussi une partie de sa valeur nutritive. Il faut également

remarquer que le foin préparé par un temps couvert avec du vent, reste vert; il est par conséquent de bonne qualité.

Le bon foin, celui qu'il faut prendre comme type à obtenir, est un foin bien desséché, conservant sa couleur verte, et composé en grande partie de graminées et de légumineuses. La couleur verte indique que les plantes n'étaient pas trop mûres au moment du fauchage, et que la fenaison s'est opérée par un beau temps et avec les soins nécessaires pour éviter les mauvais effets de la rosée et pour conserver les feuilles des légumineuses.

Lorsque les pluies sont abondantes au moment de la récolte des foins, deux cas peuvent se présenter : tant que l'herbe est verte et en andains, dans la position où elle a été placée par la faux, une humidité, même très abondante ne lui est pas nuisible; mais il est loin d'en être ainsi si l'herbe a déjà subi un commencement de dessiccation ; dans ce cas, le mieux est d'avoir recours à la confection du *foin brun*, suivant la méthode Klappmeyer.

La préparation du foin brun, fait observer M. W.-F. Dünkelberg, se distingue surtout en ce que le foin n'est pas séché complètement par l'air et le soleil, mais simplement privé d'une partie de son eau de végétation. Il est mis en meules de 15 000 à 25 000 kilogrammes, où il subit pendant plusieurs mois une fermentation et un échauffement violent, acquérant par là l'aspect d'une masse brune et compacte d'odeur agréable. Bien préparé, ce foin, malgré sa mauvaise apparence, est mangé avec appétit par les chevaux et les bêtes à cornes.

Une analyse comparative donne à ce sujet les renseignements suivants :

	Foin ordinaire.	Foin brun.	
Composés de protéine...	9,79	10,46	
Hydrate de carbone	41,58	31,06	avec des acides.
Matières grasses et cire.	2,31	2,89	
Fibres ligneuses........	24,59	28,13	
Substances minérales....	6,73	7,32	
Eau	15,00	20,14	
	100,00	100,00	

Le foin brun avait subi, d'après cette analyse, une perte de 22,93 pour 100 en sucre, gomme et carbone qui, sans doute, s'étaient transformés en acides organiques. L'acide lactique qui se produit, semble augmenter la solubilité des sels de phosphore et autres principes nutritifs du foin, en les rendant propres à la digestion. La préparation du foin brun convient surtout dans les années et les pays humides, là où le séchage ordinaire serait difficile ou même impossible (1).

La fermentation diminue moins le poids spécifique du foin ordinaire que celui du foin brun, ce qui est à considérer dans la vente basée sur le cubage.

En Angleterre, où le foin est généralement conservé en meules, on le coupe au moyen d'un couteau particulier, en blocs de 1 pied et demi sur 1 pied anglais, qui sont maintenus avec un seul lien de paille. Un bloc de vieux foin pèse 56 livres, et de foin nouveau (jusqu'au 4 septembre), 60 livres.

Le tassement du foin, et par conséquent son poids spécifique, ne change pas seulement d'après son âge, mais aussi d'après la qualité de l'herbe, sa fabrication et le poids qu'ont supporté les couches; il varie entre 0,06 et 0,10.

D'après le général Morin, le mètre cube ne pèse pas plus de 100 kilogrammes. Du foin lié en bottes pèse de 80 à 90 kilogrammes le mètre cube.

(1) W.-F. Dünkelberg, trad. Ach. Cochard, *De la Création des prairies irriguées*. 1 vol.

Ces nombres sont relatifs à l'emmagasinage de grandes quantités de foin ; pour de petites, il faut de 1mc,30 à 1mc,68 par 100 kilogrammes de foin.

Le faible tassement du foin rend le transport des quantités considérables dispendieux et difficile ; il fait encore que son expédition par les chemins de fer est presque impossible à l'état ordinaire. Même lorsqu'il est coupé dans les meules et non secoué, un wagon n'en peut contenir que 2 000 kilogrammes au lieu de 3 000. Pour obvier à cet inconvénient, on comprime le foin au moyen de la presse à vis du général Morin ou de la simple presse à levier employée depuis longtemps en Amérique.

Le général Morin comprime la ration de foin annuelle d'un cheval de grosse cavalerie (environ 5 kilogrammes par jour), et la réduit à 5 mètres cubes au moyen d'une presse horizontale à vis, manœuvrée à la main. On entoure de minces bandes de fer les ballots de 100 kilogrammes, cubant de 0mc,24 à 0mc,25.

Le chargement et le transport du foin pressé sont incomparablement plus faciles et moins chers. Quand il est pressé sur le pré même, il fermente mieux en ballots que dans les granges, est plus tendre, plus appétissant pour les animaux, n'est pas sali de poussière et conserve ses feuilles, ses fleurs et ses semences ; il est aussi d'une combustion plus difficile, étant comprimée jusqu'à la consistance du bois de peuplier. Il procure, en outre, une économie de logement de 75 pour 100.

On a beaucoup parlé, dans ces derniers temps, des prairies Goëtz et de la méthode culturale qui résulte de son établissement :

Cette prairie peut être ainsi définie : la prairie sèche, permanente, à hauts rendements, variables de 12 000 à 20 000 kilogrammes de foin sec à l'hectare, pouvant être créée où mûrit le froment; entretenue par la seule humi-

dité de l'hiver et les ressources ordinaires dont dispose tout cultivateur.

Par la méthode de M. Goëtz, on établit d'excellentes prairies dans des terres sans valeur, des landes ou des sables par exemple. M. Goëtz établit ses prairies en leur attribuant une grande partie de l'engrais disponible aux dépens des autres cultures. C'est là un sacrifice tout momentané, car la production quadruple ou quintuple du fourrage obtenu ne tarde pas à produire l'engrais en bien plus grande quantité. Si un hectare de prairie nourrit deux têtes de gros bétail, il est nécessaire de lui donner toute cette quantité de fumier. Plus tard, le fumier d'une tête suffit, et la production ne baisse pas.

Cette nouvelle méthode comprend tout un ensemble d'améliorations agricoles basées sur l'entretien d'un bétail nombreux et choisi. Elle a été appliquée par beaucoup d'agriculteurs, notamment en Normandie et ailleurs, partout on a obtenu d'excellents résultats.

Les pratiques, à l'aide desquelles les améliorations de M. Goëtz sont réalisées sont :

1° La prairie mère;

2° L'assolement approprié, sans diminution de la sole de froment;

3° Les cultures hors assolement.

La méthode Goëtz a pour but de porter rapidement et sans grever le sol de charges nouvelles, les terres les plus pauvres à un haut degré de fertilité.

On y arrive, en ce qui concerne la prairie mère, par :

1° La profondeur des labours et l'ameublissement du sol ;

2° Le bon choix des plantes;

3° L'époque la plus favorable à la coupe des foins.

Voici la manière de procéder : tout d'abord préparer le sol, c'est-à-dire : 1° recueillir l'humidité de l'hiver par des

défoncements, sans toutefois ramener le sous-sol à la surface; de cette perméabilité plus grande qui en résulte, résulte aussi une absorption plus facile; 2° conserver cette humidité en évitant toute évaporation inutile; or, les plantes de la prairie, si elles sont bien choisies, remplissent elles-mêmes cet office, de telle sorte qu'elles ombragent toujours le sol au moment de la chaleur. Une première coupe très hâtive au printemps est nécessaire. Comme on emploie des plantes très précoces, en aidant encore à leur précocité par un apport d'engrais convenable au premier réveil de la végétation, on arrive ainsi à deux coupes avant les sécheresses.

Puis vient le choix des plantes :

M. Goëtz a choisi quatorze plantes, toutes appartenant à la famille des graminées. Ce sont des plantes précoces, vivaces, de bonne qualité, de grande végétation et fleurissant toutes en même temps. Cette dernière condition est excellente. M. Chevreul, l'éminent président de la Société d'agriculture de France, en a donné la raison :

C'est à l'époque de la floraison, dit-il, que les plantes herbacées présentent leurs principes immédiats, et, bien entendu, ceux qui servent efficacement à la nourriture des animaux herbivores, les plus uniformément répandus dans toutes les parties de la plante qui s'élève au-dessus du sol. Cette époque de la végétation est donc la plus favorable à la récolte du foin de bonne qualité.

Si l'on attendait la maturité, le foin serait d'une qualité tout à fait inférieure, par la raison que la graine ne peut plus se former et attendre la maturité qu'en s'assimilant les principes les plus nourrissants qui étaient répandus dans tout le végétal. En un mot, elle s'est nourrie elle-même aux dépens de ces principes. Aussi le foin d'une herbe dont les graines sont mûres, en perdant sa sève, est devenu plus ligneux. Cette observation explique pourquoi

les graines sont si précieuses par leur qualité nutritive.

Les plantes constituant la prairie Goëtz peuvent être réduites aux suivantes :

1° Avoine élevée ou fromental ;

2° Dactyle pelotonné ;

3° Ray-gras anglais ;

4° Houlque laineuse ;

5° Brome des prés.

Ces cinq graminées sont à grand produit, précoces, elles végètent en même temps et réussissent partout. Elles constituent le fond du mélange.

Puis viennent :

6° Le paturin commun ;

7° La flouve odorante.

Ensuite :

8° L'avoine jaunâtre ;

9° La fléole (1) ;

10° Le vulpin des prés.

Cette dernière plante est cependant un peu délicate sur le choix du terrain.

Le fromental et le dactyle, puis la houlque et le ray-grass forment les deux tiers du mélange ; toutes les autres constituent le tiers restant.

M. Boitel, qui s'est beaucoup occupé des prairies Goëtz, qu'il a eu l'occasion d'étudier avec un soin minutieux chez M. Berne, à la ferme de Bailly près Nemours (Seine-et-Marne) ; chez M. Cothias, à Champerreux (Seine-et-Marne) ; chez M. Cocquerel, à Sassey (Eure) ; chez M. Jacquin, à la Fère-Champenoise (Marne), etc., réduit le nombre des plantes de la prairie Goëtz à sept, aussi rangées d'après leur importance au point de vue du rendement en foin sec :

1° Fromental, 30 kilogrammes par hectare ;

(1) La fléole est toutefois un peu tardive.

2° Dactyle, 15 kilogrammes par hectare;
3° Ray-grass, 10 kilogrammes par hectare;
4° Houlque laineuse, 6 kilogrammes par hectare;
5° Flouve odorante, 4 kilogrammes par hectare;
6° Avoine jaunâtre, 5 kilogrammes par hectare;
7° Paturin commun, 5 kilogrammes par hectare.

Comme on peut voir, M. Boitel supprime le brome des prés préconisé par Goëtz et lui substitue l'avoine jaunâtre. Les chiffres placés en regard indiquent les quantités de graines à répandre par hectare.

Pour le semis, le sol étant préparé et nettoyé, on divise ces graines en deux lots : 1° les grosses graines faciles à semer ; 2° les graines fines. Les premières sont enterrées par un léger coup de herse ; les secondes sont semées par dessus, puis roulées. Le semis doit être parfaitement régulier, les grosses graines ne doivent pas être à plus de 2 centimètres de profondeur.

Lors de la préparation du sol, on a eu soin de fumer; la quantité de fumier à appliquer est variable. M. Goëtz conseille de répandre 200 à 300 kilogrammes de guano avant la semaille. Ce guano, toutefois, peut être remplacé par un autre engrais azoté, du sulfate d'ammoniaque par exemple, dans les terres sableuses ou argileuses, ou du nitrate de soude, 150 à 200 kilos dans les terres calcaires.

Pendant le premier hiver de la création, on répandra du fumier pailleux en couverture pour abriter les plantes des grands froids; au printemps, on enlèvera les pailles restantes avec le râteau.

Il est essentiel d'arriver à une coupe précoce, par exemple avant le 20 mai. On coupe au moment de la floraison. Lorsque les pluies sont à craindre on fait des moyettes. Il importe aussi de ne pas faucher trop bas, pour favoriser la deuxième coupe. Dans les terres quelque peu fertiles, la seconde coupe est généralement fort belle; dans les

terres pauvres, elle est trop peu importante pour être fauchée; le mieux alors est de la faire pâturer. La deuxième coupe, lorsqu'elle est possible, doit se faire du 1er au 15 août.

Nous donnons ci-dessous deux exemples d'établissement de prairie d'après le système de M. Goëtz. L'un s'applique à une terre pauvre d'une valeur de 750 francs l'hectare, appartenant à M. Jacquin, à la Fère-Champenoise; l'autre s'applique à une terre de meilleure qualité, valant 2000 francs l'hectare, de la ferme de Mesnil-sur-Orge, dans la Marne, appartenant à M. G. Vimont.

Années.	Détails des dépenses.		Produits.	
1°	Labours : 3 à 12 fr. 40 = 37 fr. 20.	37 20	1° Mémoire. 2000 k. foin.	
	En raison des mauvaises graines, préférence donnée aux engrais de commerce : 600 k. à 35 0/0 et 5 fr. d'épandage..............	215 »		
	Semence : 100 k. graines à 1 fr. 50	150 »		
2°	Fumier en couverture à l'automne, 40 m. c. à 7 fr., transport : 25 fr.........................	305 »	2° 8000 k. ou 1600 bott. à fr. 35 0/0. Pâturage (mémoir.)	560 »
	Engrais complémentaire de printemps : 600 k. à 35 fr.........	210 »		
	Fauchage : 2 coupes, fanage, mise en tas, rentrée................	36 »		
	Intérêts.......	37 »		
		990 20		560 »
3°, 4°	Mêmes frais que la seconde ou chaque année, 588 fr..........	1176 »	3° 10000 k. ou 2000 bottes. 4° 12 500 k. ou 2500 bottes.	1575 »
	Frais d'établissement soldés....	2166 »		2135 »
5°	40 m. fumier à 7 fr. et frais d'exploitation. Intérêts...........	378 »	5° 12500 k. à 35 0/0	875 »
	Comme ci-dessus, 400 k. engrais à 37 0/0.....................	140 »		
		2684 20		3010 »
6°	Mêmes dépenses que pour les années précédentes.............	518 »	6° 12500 k.	875 »
7°	*Id.*, *id.*, moins engrais de commerce devenu inutile.........	378 »	7° 1250 k.	875 »
		3580 20		4760 »

8°	Mêmes dépenses que l'année précédente	378 »	8°, 9°, 10°, 11°, 12°, à 12500 k. à 35 0/0= 6250 k.	4375 »
9°, 10°, 11°, 12°	Mêmes dépenses, soit 378 × 4 =	1512 »		
	Totaux : des frais en 12 ans	5470f 20	des produits :	9135 »
	Différence donnant le bénéfice net en 12 ans...		3664 f. 80 pour 1 hectare.	

Années.	Dépenses sur 1 hectare.		Produits.	
1°	Fumure à froment, 60 m. à 10 fr.	600 »	Herbe fauchée en vert, estimée 2075k foin, à 40 fr. les 1100 k. à cause des mauvaises herbes	80 »
	Nitrate de soude, 300 k. à 42 fr. .	126 »		
	Semences, 100 k. à 150 fr......	150 »		
	Semis et épandage	13 »		
	Labours : 3 hersages, roulage à 16 fr........................	48 »		
	Un labour de sous-solage à 20 fr.	20 »		
	Fauchage de la première coupe, donnée en vert................	15 »		
	Intérêts.......	100 »		
		1072 »		80 »
2°	Fumier d'une tête, mis en couverture, 16 m.................	160 »	11000 k. foin en 2 coupes à 80 fr., plus un pâturage.	880 »
	Nitrate de soude, 300 k. à 42 fr.	126 »		
	Transport et épandage, 3 fr.....	3 »		
	Intérêts et fauchage, 2 coupes, fanes.......................	140 »		
		1501 »		960 »
3°	Fumier de 2 têtes nourries par 11000 k. de foin = 30 m.......	304 50	14000 k. foin à 80 fr.	1016 »
	Fauchage et intérêt............	140 »		
	Frais d'établissement soldés....	1945 50		1976 »
4°	Mêmes frais que la 3e année....	444 50	Même produit.	1046 »
		2390 »		2992 »
5°	La moitié du fumier produit, 1 tête 1/4 = 20 m.............	203 »	Même produit.	1016 »
	Fauchage, intérêts	140 »		
		2733 »		4008 »
6° à 15°	Mêmes dépenses : 343×10......	3430 »	Mêmes produits : 1016×10=	10160 »
		6163 »		14168 »

Produit en 15 ans............	14168f
Dépenses	6163
Bénéfice......................	8005f

D'après M. Goëtz, la durée de ces prairies doit être indé-

finie pourvu qu'on sache la soutenir avec du fumier et des engrais chimiques appropriés. Telle n'est cependant pas la manière de voir de M. Boitel, ni des praticiens qui connaissent la faculté épuisante et la voracité des graminées de cette prairie. On aura beau répéter les fumures chimiques et rapporter sur la prairie tout ou partie du fumier résultant de la consommation du foin par le bétail, il est certain qu'on ne compensera pas ainsi l'épuisement occasionné par une production annuelle de 15 000 kilos de foin par hectare.

Les graminées de la prairie Goëtz prennent leur nourriture minérale exclusivement dans le sous-sol, à la manière des prairies artificielles composées de légumineuses. Quand on sera obligé de défricher la prairie par suite de l'insuffisance de la récolte, il est à supposer que ce sol, surmené par une culture intensive de graminées, se montrera rebelle au froment, au seigle, à l'avoine et à l'orge, et pour l'utiliser on devra avoir recours à des plantes d'une autre famille, telles que la pomme de terre, la betterave, les crucifères et les légumineuses.

A côté de ces inconvénients, M. A. Boitel signale par contre des avantages précieux concernant cette prairie. La prairie Goëtz peut prospérer et atteindre de hauts rendements sur les terrains les plus mauvais et les plus rebelles à toute autre culture fourragère. C'est là qu'on peut en tirer un excellent parti, bien mieux que dans les bonnes terres propres au trèfle, à la luzerne, au sainfoin et aux autres plantes fourragères. Ces dernières cultures ont, sur la prairie Goëtz, l'avantage de donner des produits abondants sans imposer de grands sacrifices à l'exploitant; non-seulement elles n'épuisent pas le sol comme les graminées, mais elles l'améliorent par des emprunts faits au sous-sol. Malheureusement le trèfle, la luzerne et le sainfoin ne viennent pas partout.

Il est encore à remarquer que le succès de la prairie Goëtz n'est certain qu'en faisant au sol une avance considérable en engrais.

Dans les contrées qui manquent de nourriture pour le bétail on est heureux d'obtenir, même au prix de grands sacrifices, une bonne prairie Goëtz, qui donne aux animaux de la ferme une abondante alimentation, qu'on demanderait vainement aux autres cultures fourragères.

Le plus grand obstacle à surmonter dans les pays pauvres, c'est de se procurer le fumier dont on a besoin pour la première création de la prairie Goëtz. On conseille dans ce cas de recourir à la pratique des engrais verts.

C'est à l'exploitant de savoir, dit M. Boitel (1), si la méthode Goëtz peut fournir le foin à meilleur marché que les plantes fourragères usitées dans sa localité. En cela, comme en toutes choses, il y a le chapitre des revers et des succès. Les revers atteignent ceux qui, après avoir beaucoup dépensé pour l'engrais et la semence de la prairie, manquent le semis soit par l'inclémence du temps, soit par la mauvaise qualité des graines, soit enfin pour toute autre cause indépendante de la volonté de l'homme.

Les succès reviennent à ceux qui, agissant sur un sol de peu de valeur, parviennent sans trop de peine à créer une prairie d'un rendement considérable dans un pays pauvre où d'ordinaire tout le monde manque de fourrage pour la bonne alimentation du bétail. Ceux-là sont pleins de reconnaissance pour le chercheur infatigable à qui il a fallu trente ans d'expériences et d'observations pour formuler une composition appropriée aux plus mauvais terrains et aptes à procurer du foin aux contrées qui en ont le plus grand besoin.

(1) A. Boitel, *Herbages et prairies naturelles*, 1 vol., p. 427.

CHAPITRE XII.

LES PLANTES FOURRAGÈRES.

I. Les prairies artificielles. — Les légumineuses fourragères. — Plantes améliorantes et cultures améliorantes. — Enrichissement du sol par la création des prairies artificielles. — Les plantes calcicoles.

La luzerne. — Composition chimique. — Durée des luzernières. — Le foin de luzerne. — Le trèfle. — Sa composition. — Végétation du trèfle. — Durée. — Valeur alimentaire. — Le sainfoin ou esparcette. — Constitution chimique. — Végétation. — Durée. — Valeur alimentaire.

II. Plantes fourragères non légumineuses. — Les choux. — Composition chimique. — Caractères végétatifs. — Valeur comme fourrage.

La consoude rugueuse du Caucase. — Composition chimique. — Végétation. — Rendements. — Exigences culturales. — Avantages et inconvénients de cette culture.

Le maïs fourrage. — Sa végétation. — Semis de maïs. — Les variétés. — Analyse chimique du maïs, feuilles, tiges et fruits. — Alcoolisation du maïs. — Le maïs plante industrielle. — L'ensilage du maïs. — M. Reihlen. — Note de M. Vilmorin. — Travaux de M. Goffart. — Classification des silos. — Silos en terrassement. — Silos en maçonnerie. — Silos en plein air. — Avantages de l'ensilage en plein air. — Importance du tassement. — Phénomènes chimiques de l'ensilage. — La fermentation. — Analyse chimique du maïs frais et du maïs ensilé. — Travaux de M. Lecouteux et de M. Grandeau. — Opinion de M. Fry. — Emploi du sel dénaturé dans l'ensilage. — L'ensilage des fourrages autres que le maïs vert. — Recherches du docteur Vœlcker à ce sujet.

Le sorgho. — Exigences culturales. — Rendements. — Valeur comme fourrage.

III. Plantes-racines ou à tubercules. — La pomme de terre. —

Plante alimentaire, industrielle et fourragère. — Richesse en fécule. — Rendements. — Conservation. — Exigences culturales. — Différentes variétés de pommes de terre. — Le topinambour. — Plante industrielle et fourragère. — Avantages et inconvénients. — Carotte fourragère. — Panais. — Navets. — Exigences culturales. — Conclusion.

I. On est convenu de donner le nom de *prairies artificielles* aux cultures de plantes fourragères qui, comme la luzerne, le trèfle, le sainfoin, occupent le sol pendant plusieurs années successives; toutefois, leur durée d'existence est toujours limitée, c'est pour cela qu'on les appelle aussi *prairies temporaires*.

Les plantes précédemment citées appartiennent à la famille botanique des *légumineuses*, qui a aussi une caractéristique agricole. Celle-ci est de la plus haute importance; en effet, le trèfle, le sainfoin et la luzerne sont considérés comme *plantes améliorantes*, expression qui demande à être expliquée.

Cette dénomination, comme le fait observer M. Dehérain, prise d'une façon trop absolue conduirait à des idées absolument fausses. Il ne faudrait pas supposer, en effet, que les légumineuses ne prélèvent pas sur le sol une quantité notable des richesses qui y sont accumulées; on en jugera d'après les chiffres suivants que nous empruntons à M. Boussingault. Il a trouvé qu'à Bechelbronn une récolte de trèfle pesé à l'état de foin a donné 5 100 kilogrammes renfermant 84k,6 d'azote; tandis qu'une récolte de froment, représentée par 1 343 kilogrammes pour le grain et 3 052 pour la paille, renfermait 35k,4 d'azote, c'est-à-dire infiniment moins. La récolte du froment qui suivit le trèfle, et qui était meilleure, avait enlevé seulement 43k,8 d'azote, c'est-à-dire un peu plus de la moitié de ce qu'avait pris le trèfle. Il est vrai que le trèfle est un peu moins avide d'acide phosphorique que le froment,

puisqu'il ne prend que 19^k,5 par hectare au lieu de 37^k,8, mais l'ensemble des matières prélevées est cependant assez considérable pour faire écarter complètement l'idée d'une plante améliorante. Le sainfoin occupe souvent le sol pendant trois ans dans l'assolement de neuf ans suivi dans la plaine de Caen. M. Is. Pierre nous enseigne que les trois coupes, la graine et le regain, pesant 9 593 kilogrammes renfermaient 151^k,8 d'azote et 47^k,4 d'acide phosphorique. Une autre année on obtint 8 350 kilogrammes de foin renfermant 158^k,7 d'azote et 52^k,7 d'acide phosphorique. Les récoltes de blé donnèrent sur le même sol 6 750 kilogrammes de grain et de paille renfermant 70^k,2 d'azote et 30^k,1 d'acide phosphorique. Une autre pesant 4 725 kilogrammes pour le grain et la paille, ne présentait à l'analyse que 53^k,1 d'azote et 19^k,5 d'acide phosphorique. Quant à la luzerne, qui reste pendant plusieurs années sur le même terrain, elle prélève sur le sol une quantité énorme de matières, ainsi que le montre le tableau suivant :

		Produit par hectare	Contenu en azote.
Luzerne sèche, 1re année		3,360 k.	79 k.
—	2e	10,080	237
—	3e	12,500	294
—	4e	10,080	237
—	5e	8,000	188

et une quantité d'acide phosphorique qui, annuellement, doit atteindre environ 80 kilogrammes.

Ces résultats sont tout à fait contraires à ceux qu'on devrait attendre d'une plante dite améliorante. Il est clair qu'en les considérant seuls, on serait bien plutôt porté à croire que les légumineuses sont des plantes épuisantes et même beaucoup plus épuisantes que les céréales ; l'expérience nous enseigne cependant, nous le répétons, que la récolte de céréales qui suit le trèfle ou le sainfoin est meil-

leure que celle qui précède, et il y a là une sorte de contradiction qu'il importe d'éclaircir (1).

Il faut remarquer que les engrais azotés, nitrates et sels ammoniacaux n'ont aucune influence sur les légumineuses fourragères; or, on sait que ces engrais donnent de très beaux résultats sur les céréales.

Or, il n'existe pas en réalité de *plantes améliorantes*, mais bien des *cultures améliorantes*. Les légumineuses fourragères occupant le sol pendant longtemps, et surtout le laissant en repos, les gains d'azote sont supérieurs aux déperditions, puisque la nitrification est empêchée; de cette manière la terre s'enrichit. Elle s'enrichit en outre par les nombreux débris foliacés et par l'énorme quantité de racines que ces plantes légumineuses laissent à la terre.

Toutefois, le point essentiel de cet enrichissement du sol est le gain en azote résultant de la non-nitrification; celle-ci en effet, ainsi que nous l'avons vu précédemment, est le résultat d'une fermentation qui ne peut s'opérer qu'à l'air, le ferment nitrificateur étant aérobie.

Les légumineuses fourragères sont des plantes *calcicoles*, c'est-à-dire que l'élément calcaire leur est absolument indispensable. C'est dans les terres crayeuses qu'on en obtient généralement les plus beaux résultats.

Nous avons vu, en parlant des amendements, comment le plâtre agit sur les légumineuses fourragères qui, comme le trèfle, le sainfoin et la luzerne, ont des racines très profondes.

Or, on a remarqué que le sulfate de chaux appliqué sur ces cultures, se décompose avec une grande rapidité dans le sol, car au bout de quelque temps on n'en retrouve plus de trace dans les couches superficielles.

(1) P. P. Deherain, *Cours de chimie agricole*, p. 453.

Dans une récolte de luzerne, la proportion de l'acide sulfurique, qui ne peut évidemment provenir que du plâtre, cet acide y pénétrant à l'état de sulfate de potasse, probablement, fait remarquer M. Proost, peut atteindre 44 kilogrammes.

La luzerne, qui plonge des racines à de grandes profondeurs, fixe rapidement le sol et utilise l'acide phosphorique, le seul élément fertilisant que l'on retrouve avec la chaux dans les dunes.

On a préconisé avec raison cette culture dans les sables du littoral et dans tous les sables calcareux de l'époque tertiaire (1).

Le résidu minéral, déposé par les légumineuses dans les couches superficielles du sol, est extrait des couches profondes par leurs racines pivotantes. Ce sont de véritables *mineurs* du règne végétal.

Les pois, le trèfle blanc, le trèfle incarnat, le trèfle jaune des sables, la minette ne produisent pas, comme les vrais trèfles, la lassitude du sol par la répétition de culture, parce que ces légumineuses s'alimentent dans les couches superficielles. Mais le trèfle ordinaire, la luzerne, le sainfoin, en fouillant le sous-sol, le divisent et l'ameublissent de telle sorte, qu'ils tiennent souvent lieu de labour et de fumier pailleux.

La luzerne présente, d'après M. Marié-Davy, la composition chimique suivante :

	Luzerne verte	Luzerne sèche
Potasse	0,45	1,52
Soude	0,42	0,07
Chaux	0,85	2,88
Acide sulfurique	0.11	0.37
Acide phosphorique	0,15	0,51
Azote	0,72	2,30

(1) A. Proost, *Manuel de chimie agricole et de physiologie*, p. 322.

Dans les racines de luzerne, qui atteignent parfois des longueurs énormes, car on en cite ayant pénétré à 10 mètres de profondeur dans le sous-sol, M. Le Corbeiler a trouvé en moyenne :

Eau	0,65 0/0
Cendres	3,18
Azote	1,11

La luzerne, quoique parfaitement bien acclimatée dans toute la France, est plutôt la légumineuse fourragère du Midi ; dans le Nord, on préfère le trèfle.

Une des qualités de la luzerne, c'est sa végétation précoce au printemps, dès que la température moyenne de la journée s'élève à 8 ou 10 degrés C., et elle produit une coupe de fourrage par chaque quotité de 900°G. de chaleur accumulée depuis le départ jusqu'à l'arrêt de sa végétation, cinq coupes et un regain dans le Midi, trois coupes et un pâturage sous le climat de Paris, à moins de sécheresses exceptionnelles (1).

Olivier de Serres donnait quinze ans de durée à un champ de luzerne, dit M. de Gasparin. Nous en avons vu qui sont arrivés à cet âge dans des terrains neufs ; mais aujourd'hui, ils atteignent à peine cinq ans, et il y en a beaucoup qu'il faut défricher à la quatrième année. Comme il faut nécessairement semer cette plante sur des sols profonds, toutes les terres d'un domaine n'y sont pas indistinctement propres, d'où résulte le retour trop fréquent de cette culture sur les mêmes espèces de terrain. Dans l'assolement de Nîmes, la luzerne revient douze ans après son défoncement, et là aussi, on s'aperçoit que ce temps est trop court.

Le défrichement des luzernières se fait en automne, après qu'on a fait pâturer le dernier regain, quand on

(1) A. Gobin, *Guide pratique pour la culture des plantes fourragères*, t. II.

veut ensemencer de suite ; ou bien en hiver, quand on ne doit semer qu'au printemps.

La luzerne verte perd beaucoup de son poids par le fanage ; en moyenne 100 kilogrammes se réduisent à 27 kilogrammes. La luzerne perd donc environ 73 pour 100 en se réduisant en foin.

Ce sont les luzernières de deux ou trois ans qui produisent le plus. Les rendements varient entre 7 500 et 15 000 kilogrammes de foin à l'hectare.

Le *trèfle ordinaire*, ou trèfle rouge, joue et a joué un grand rôle dans le développement de l'agriculture, c'est de l'introduction du trèfle en Flandre, au dix-septième siècle, que date la culture alterne, qui a si puissamment contribué à développer la prospérité agricole du nord de la France.

Le trèfle, analysé par A. Vœlcker, a donné la composition suivante :

A l'état naturel :

Eau	80,64
Matières organiques solubles	6,35
Matières minérales solubles	1,55
Mat. organ. insolubles (fibre végétale)	11,04
Matières minérales insolubles	0,42
	100,00

A l'état sec :

Matières organiques solubles	32,79
Matières minérales solubles	8,01
Mat. inorgan. insolubles (fibre végétale).	57,02
Matière minérale inorganique insoluble.	2,18
	100,00

Les racines ont donné, à l'état frais :

Eau	44,675
Matières organiques (1)	49,236
Matières minérales	6,089
	100,00

(1) Contenant en azote 12,97
En ammoniaque 15,75

Le trèfle a des racines beaucoup moins profondes que la luzerne ; elles ne pénètrent guère au-delà de 50 centimètres de profondeur.

Cette légumineuse entre en végétation au mois de mars, et quelquefois vers la fin de février, lorsque la température moyenne de l'atmosphère a atteint + 7 degrés. Elle exige, d'après M. Heuzé (1), pour fleurir, 1242 degrés de chaleur totale. En général, elle montre deux fois ses fleurs chaque année, d'abord au mois de mai ou de juin, ensuite aux mois d'août et de septembre.

Le trèfle rouge est considéré en Egypte comme une plante annuelle. On le sème quand le sol a été détrempé par la crue du Nil. On le coupe une première fois quarante jours après le semis, une seconde quarante jours après la première coupe et une troisième fois quand il a fleuri et produit des graines (2).

Le trèfle donne deux coupes par an, la première en mai ou juin, la seconde en août et septembre. En octobre se montre le regain.

Plus encore que la luzerne, le trèfle se réduit par le fanage ; on compte qu'en moyenne 100 kilogrammes de trèfle vert se réduisent à 25 kilogrammes de sec, soit une perte de 75 pour 100.

La composition moyenne du foin de trèfle peut être établie en nombres ronds, de la manière suivante, d'après Vœlcker :

Eau	17,0	
Mat. azotées assimilables	15,6	(renfermant 2,5 d'azote).
Mat. non azotées	59,9	
Mat. minérales	7,5	

Les rendements du trèfle sont très variables ; ils oscillent entre 2500 et 8000 kilogrammes de foin sec par hectare.

(1) Voir chap. IV, *les Amendements*, p. 213 et suiv.
(2) G. Heuzé, *les Plantes fourragères*, t. II, p. 141.

La durée des trêflières n'excède guère deux ou trois ans.

Le *sainfoin* ou esparcette a donné à M. Rech la composition chimique suivante :

Sels de soude....................	18,02
Sels de potasse..................	5,40
Sels de chaux...............	24,82
Sels de magnésie.................	6,86
Acide phosphorique...............	20,06
Acide sulf. silicique et carbonique. .	16.65
Charbon..........................	5,54
Phosphate de fer.................	2,65

D'après la grande proportion de sels de chaux, de magnésie et d'acide phosphorique, on voit de suite que cette plante ne peut croître que sur les terrains calcaires.

Le sainfoin a des racines profondes qui dépassent souvent 2 mètres de longueur ; il en laisse de 8 000 à 10 000 kilogrammes par hectare, renfermant en moyenne 1,04 d'azote.

Le sainfoin commence à végéter lorsque la température de l'air a atteint + 9 à + 10 degrés ; il fleurit quand la température arrive à + 12 et 13 degrés.

Il résiste plus qu'aucune autre légumineuse, fait observer M. Heuzé, à la sécheresse. Cependant, quand, pendant l'été, le sol où il est cultivé ne contient pas au-delà de 10 pour 100 d'eau, il reste stationnaire et ne végète de nouveau qu'avec les pluies d'août et de septembre.

Le sainfoin donne deux coupes par an, produisant une récolte, qui varie selon les circonstances entre 10 000 et 25 000 kilogrammes de fourrage vert par hectare.

La perte que subit le sainfoin par le fanage est moins forte que pour le trêfle et la luzerne, car cette légumineuse contient moins d'eau : 100 kilogrammes en vert donnent en moyenne 31 kilogrammes de sec.

La durée du sainfoin, d'après MM. Girardin et du Breuil (1), est subordonnée au laps de temps pendant lequel ses racines peuvent s'enfoncer dans des couches de terre fertiles : il vit cependant moins longtemps que la luzerne. En général, son existence est de trois ans au moins, de sept ans au plus.

La décrépitude du sainfoin est indiquée par la disparition progressive des plantes, par l'envahissement des mauvaises herbes et par la diminution sensible du produit. Dès que ces signes apparaissent, on ne doit pas hésiter à le défricher.

II. Parmi les plantes fourragères non légumineuses, nous mentionnerons le chou fourrager, le maïs et le sorgho.

Les choux les plus généralement cultivés pour le bétail sont le chou *quintal* ou chou d'Alsace, le chou *moellier*, le chou *de Flandre* et le chou *cavalier* ou grand chou à vaches.

Le chou présente la composition suivante :

Eau....................................	92,3
Matières sèches : résine, matière extractive, gomme, albumine, chlorophylle, sulfate et azotate de potasse, chlorure de potassium, malate et phosphate de chaux, phosphate de magnésie, de fer et de manganèse.	7,7
	100,0

A l'état normal, le chou renferme 0,20 pour 100 d'azote. — Les alcalis solubles et l'acide phosphorique y abondent.

En moyenne, on obtient par hectare de 30 à 40 000 kilogrammes de choux ; ce rendement peut toutefois dépasser 100 000 kilogrammes à l'hectare dans quelques conditions spéciales.

(1) Girardin et du Breuil, *Traité élémentaire d'agriculture*, t. II.

Les choux conviennent à presque tous les herbivores ; cependant on les réserve presque exclusivement pour les ruminants. Ceux que l'on cultive pour les usages culinaires fournissent par leurs feuilles inférieures une ressource précieuse pour les chèvres et pour les vaches à lait. On ne doit pas oublier toutefois, font remarquer MM. Magne et Baillet, que, s'ils facilitent la sécrétion des mamelles par la quantité d'eau qu'ils contiennent, ils donnent un lait aqueux, peu riche, et ayant en outre, s'ils sont consommés en très grande quantité, la saveur et l'odeur des crucifères. On leur reproche également de donner une saveur désagréable à la viande des bœufs qui en reçoivent de fortes quantités vers la fin de l'engraissement. Tout le monde connaît sous ce rapport la réputation qui est faite à certains lapins de clapier que l'on appelle des lapins de choux. Mais cette saveur disparaît d'elle-même, en ce qui concerne les bœufs, quand ils cessent de recevoir du chou trois semaines ou un mois avant d'être envoyés à l'abattoir (1).

Une autre plante fourragère, dont on a beaucoup parlé dans ces derniers temps, est la *consoude rugueuse* du Caucase, dont nous devons dire un mot.

Cette plante avait été cultivée, il y a un siècle environ, en Écosse et avait été délaissée ; elle a repris faveur en Angleterre depuis une vingtaine d'années.

Dans une terre fraîche, substantielle et convenablement fumée, la consoude donne quatre et même cinq coupes d'un excellent fourrage. Le produit approximatif de chaque coupe pouvant être évalué à environ 20 000 kilogrammes par hectare, soit un produit annuel de près de 100 000 kilogrammes.

M. Dudoüy, désirant propager cette plante en France,

(1) Magne et Baillet, *Traité d'agriculture pratique*, t. II, p. 178.

en a planté une certaine étendue dans ses champs d'expériences depuis 1876.

Le terrain sur lequel il a fait cette culture était argilo-siliceux, humide et sujet aux inondations. Il n'a pas reçu d'engrais. En 1878, quatre coupes ont produit en vert :

1re coupe	10 mai	83,300 k.
2e —	29 juin	43,300
3e —	10 août	41,700
4e —	12 septembre	54,000
		222,300 k. à l'hect.

En 1879, les résultats ne furent pas aussi satisfaisants, ce qui doit être attribué à l'humidité constante qui régna pendant cette année ; or, le terrain compact et humide où se trouvait plantée la consoude demandait plutôt une température un peu chaude et sèche. Voici les rendements de cette année :

1re coupe	25 mai	41,262
2e —	6 août	24,400
3e —	23 septembre	11,416
4e —	30 octobre	30,350
		107,328 k. à l'hect.

A l'analyse chimique, la consoude, analysée au laboratoire agricole de Mettray, a donné :

Consoude fraiche.		Consoude séchée à l'air (comme le foin).	
Eau	22,00	Cendres	17,87
Matières azotées	28,85	Matières azotées	13,00
Matières non azotées	44,15	Cellulose	17,26
Cellulose	12,00	Graisse	1,04
Cendres	15,00	Matières non azotées	28,89
Total...	100,00	Total...	100,00

« La consoude rugueuse, fait remarquer M. Ch. Picot de Pledran, présente, sur tous les autres fourrages, l'avan-

tage de convenir pour la nourriture de tous les animaux des fermes. Les porcs et les chevaux la mangent avec avidité, les vaches s'en nourrissent sans répugnance ; je suis persuadé qu'il serait facile de la convertir en foin : car une fois coupée, elle se dessèche rapidement. On la multiplie par éclats de pied ou par fragments de racines que l'on espace à 1 mètre de distance les uns des autres, et qui peuvent être plantés depuis le mois de mars jusqu'en octobre. »

En Angleterre, on donne la consoude aux chevaux en été à la dose de 4 kilogrammes par jour.

Donnée aux vaches laitières, elle augmente la sécrétion lactée et rend le lait meilleur. Voici d'ailleurs l'analyse du lait de deux vaches nourries pendant huit jours, l'une avec de la consoude fraîche à raison de 47k,700 par jour, l'autre avec 45 kilogrammes de regain de prairie naturelle et 4 kilogrammes de navets par jour :

	Lait de vache nourrie à la consoude.	Lait de vache nourrie au regain.
Densité :	1,029	1,023
Beurre par litre :	45g,22	42g,89

La consoude rugueuse est une des plantes les plus productives ; elle résiste aux plus grands froids, et, si sa végétation se trouve arrêtée par les glaces, dès les premiers jours de printemps, grâce à ses puissantes racines qui vont chercher dans les profondeurs du sol les sucs que ne peuvent atteindre les autres fourrages, elle présente de magnifiques touffes de tiges et de feuilles tendres, très riches en matières grasses et mucilagineuses.

Le *maïs* est une céréale qui ne mûrit ses graines que dans les contrées méridionales ; ailleurs on la cultive comme fourrage, et c'est à ce titre surtout que nous devons l'examiner, car son importance est capitale, surtout depuis l'invention des procédés perfectionnés de conservation par l'ensilage.

C'est dans les pays à fortes sécheresses estivales que la culture du maïs-fourrage est à recommander. « Là, fait remarquer M. Lecouteux, il ne faut guère compter sur les racines, sur les fourrages fauchables. Ce qu'on doit demander aux plantes fourragères, c'est une grande faculté de résistance à la chaleur, c'est la faculté de se faire du soleil un auxiliaire et non un adversaire. La régularité dans l'alimentation copieuse du bétail est à ce prix. C'est alors que se présente le maïs, non comme une sans peur en temps sec, au moins comme une plante plus robuste que beaucoup d'autres plantes agricoles (1). »

Le maïs-fourrage se plaît très bien dans les terres de consistance moyenne, plutôt légères que fortes, fraîches sans être humides ; toutefois il vient aussi dans les terres fortes, riches en humus. C'est surtout sur les étangs desséchés qu'il réussit bien.

Nous avons déjà vu, en parlant des céréales, que c'est le *maïs caragua* ou géant d'Amérique, encore appelé *dent de cheval*, qui est surtout cultivé comme fourrage. Plus que tout autre, il résiste à la sécheresse, ce qui est un avantage précieux. D'ailleurs, le maïs dent de cheval est une espèce bien déterminée, dont les caractères sont faciles à étudier et à retenir, et sur l'identité duquel il est par suite aisé d'éviter toute tromperie. « Les agriculteurs qui s'occupent de la culture et de l'ensilage du maïs, fait observer à ce propos M. A. Goffart, qui est pour ainsi dire le promoteur de cette culture en France, devraient se réunir et s'entendre sur le moyen le plus efficace de s'assurer de bonnes semences. C'est là pour eux une question capitale, et pour l'ensilage une question de vie ou de mort. »

Le maïs constitue une culture ruineuse, quand la levée vient à manquer faute de bonnes semences. Ce fait rend

(1) Ed. Lecouteux, *le Maïs et les autres fourrages verts*, 2e édit. 1883.

stériles toutes les dépenses de façons, de fumures et d'achat de graines qu'on s'est imposées en vue d'une récolte complète. Rien de plus avantageux qu'un maïs bien réussi! rien de plus ruineux qu'un maïs manqué! Plus de 100000 kilogrammes d'un côté, et moins de 15000 kilogrammes de l'autre! Voilà des écarts que j'ai pu constater en vingt endroits, en 1878 (1).

Le maïs pouvant être semé pendant tout le courant de l'été, on peut l'obtenir bon à couper à diverses époques et très tard en automne. Il est récolté en pleine période de végétation.

On sème à la volée ou en lignes. La première méthode produit un peu moins que la seconde, mais elle a l'avantage de donner des tiges relativement fines et facilement acceptables dans leur entier par les animaux. Le procédé le plus rationnel est celui qui consiste à répandre les graines au semoir et en lignes espacées de 0m,25. Dans quelques contrées, on tient à faire des binages à l'aide de la houe à cheval, pour éviter de trop grandes pertes de terrain ; on sème alors par doubles lignes et on conserve l'espacement de 0m,50. Ainsi, les deux premières lignes sont distantes de 0m,20, la troisième est à 0m,50 de la seconde, la quatrième à 0m,20 de la troisième, la cinquième à 0m,50 de la quatrième, et ainsi de suite. Toutes les lignes profitent du passage de la houe, et l'écartement moyen n'est pas trop considérable pour le bon emploi du sol.

« La graine, lisons-nous dans un excellent article sur les semis de maïs, ne doit pas être enterrée bien profondément, car autrement elle pourrit. On la recouvre de 0m,05 à 0m,06 de terre, à peu près comme s'il s'agissait d'un semis de blé (2). »

(1) A. Goffart, *Manuel de la culture et de l'ensilage des maïs*, 5e édit. 1883.

(2) *L'Echo agricole*, 1887.

L'une des plus précieuses propriétés dont jouisse le maïs, c'est de pouvoir presque indéfiniment se succéder à lui-même. « L'un de mes plus beaux maïs de 1877, dit M. Goffart, occupait une terre qui, depuis dix-huit ans, avait porté quatorze récoltes de cette graminée, sans avoir jusqu'à ce jour donné aucun signe de lassitude ; au contraire, les dernières récoltes l'emportent sur les premières. Toute la question est de donner à la terre des fumures convenables, lui restituant chaque année l'équivalent de ce qu'on lui enlève. »

La potasse est la dominante du maïs. Les animaux qui consomment le maïs en assimilent fort peu, et les fermiers restituent au sol la presque totalité de ce que la récolte lui avait enlevé.

Les rendements du maïs-fourrage varient entre 60 000 et 100 000 kilogrammes à l'hectare.

Il résulte des analyses de M. Bréal (1), que les feuilles de maïs sont pauvres en glucose, mais riches en matières azotées et minérales ; les tiges, au contraire, sont riches en glucose. L'auteur propose par cela même l'extraction de l'alcool des tiges, les feuilles constituant un excellent fourrage. Sous ce rapport, 1 hectare de maïs fournissant 12 000 kilogrammes de tiges (et fruits) donnerait 3 125 kilogrammes d'alcool ; les betteraves, avec une récolte moyenne de 30 000 kilogrammes de racines, d'une richesse saccharine de 15 pour 100, fournissant 2 100 kilogrammes, et les pommes de terre, avec une récolte de 20 000 kilogrammes contenant 15 pour 100 de fécule, produiraient 1 500 kilogrammes d'alcool. D'après M. Bréal, l'avantage reste du côté du maïs.

Voici d'ailleurs ses résultats d'analyse :

(1) *Annales agronomiques*, t. V, p. 596. *Etude sur le maïs fourrage*, 1879.

Dans 100 parties sèches de :	Cendres	Matières azotées.	Glucose et matière se transf. en glucose.
Feuilles..........	11,0	13,75	12
Fruits...........	2,5	6,25	50
Tiges............	9,5	5,6	46,7

L'ensilage du maïs vert n'est pas, à proprement parler, une question agricole nouvelle, puisque M. Reihlen, grand agriculteur des environs de Stuttgart, le pratiquait dès 1861 ; mais ses expériences n'étaient pas connues en France. C'est au mois de juin de 1870, que M. Vilmorin, préoccupé qu'il était par la disette de fourrages occasionnée à ce moment-là par une sécheresse qui désolait la France, publia à ce sujet une note dans le *Journal d'agriculture pratique*, qui fit sensation dans le monde agricole.

La question a été étudiée et perfectionnée, puis étendue au trèfle, regain de prés, seigle vert, ray-grass, feuilles de betterave, sorgho, etc., surtout par MM. Crevat, Hoüette, Moreul, et surtout M. Goffart.

L'ensilage, en procurant aux animaux de la nourriture verte pendant l'hiver, résoud une question importante, car la dessiccation des fourrages leur fait perdre beaucoup. « C'est là un fait avéré, reconnu de tous les cultivateurs, fait observer M. Goffart, que la vache qui vous donnait en été, nourrie d'herbe verte, d'excellent lait et d'excellent beurre d'une couleur et d'une saveur des plus agréables, ne fournit plus en hiver, quand elle mange la même herbe convertie en foin, qu'un lait médiocre et un beurre pâle, dur, insipide. »

L'ensilage peut se pratiquer de plusieurs manières. On distingue en effet :

1° Les silos en terrassement ;

2° Les silos en maçonnerie ;

3° Les silos en plein air.

Les silos en terrassement doivent être établis sur une

terre saine en hiver et d'un abord facile, de préférence à proximité des étables.

Ces silos sont de deux sortes : les uns consistent en fosses profondes, c'est le type des silos Reihlen où le maïs est entassé tel qu'il est récolté ; les autres sont superficiels, on les préfère lorsque le terrain est trop humide et qu'on redoute les infiltrations. Au moment de l'ensilage, il est bon de donner à la hauteur du tas environ 2 mètres. Les silos profonds, comme les silos superficiels, doivent être disposés de telle sorte que le liquide qui s'échappe du maïs, lorsque celui-ci est pressé, puisse s'écouler facilement.

Dans les silos profonds, comme dans les silos superficiels, la terre des fouilles sert à couvrir la masse fourragère et à déterminer son tassement. Plus le tassement est fort, mieux le maïs se conserve ; on recommande une pression de 700 à 1 000 kilogrammes par mètre carré.

Les silos en maçonnerie n'ont pas besoin d'être construits spécialement, car alors ils reviendraient trop chers. D'anciens bâtiments, des granges surtout, peuvent recevoir les maïs et se prêter à une bonne fermentation.

Depuis longtemps, M. Lecouteux, à sa terre de Cercay (600 hectares), en Sologne, pratique ainsi une grande partie de son ensilage dans des silos-granges. Il fait battre les gerbes par une puissante machine à vapeur, de manière à rendre libres ses granges le plus tôt possible. Il peut ainsi y ensiler du maïs, fourrage qui se trouve consommé quand on a besoin des granges pour la nouvelle récolte des céréales.

« Cet ensilage en grange, il faut le constater, fait remarquer M. T. Petit, constitue la première tentative d'affranchissement en ce qui concerne l'emploi des revêtements en terre. On s'appuie contre les murs de la grange et on tasse par une accumulation de poids quelconques sur la masse soumise à l'ensilage. On n'ose pas encore laisser

libres les faces de la masse ensilée, pour arriver à l'ensilage en plein air sans revêtement de terre. »

En 1883, M. Jules Cormouls-Houlès, propriétaire-agriculteur à Mazamet (Tarn), essaye de l'ensilage en plein air ou, pour parler plus exactement, de l'*emmeulage* en plein air. Il établit à un angle d'une cour une véritable meule de fourrage vert, qu'il tasse fortement par lits alternatifs, en soignant particulièrement les bords ; à une certaine hauteur, il met une couche de paille qu'il couvre d'un plancher chargé à son tour de matériaux, de manière à obtenir une pression continue de 1 200 kilogrammes par mètre carré. Sa meule est établie dans un angle de la cour, entre deux murs, pour qu'elle ait plus de stabilité ; mais le principe de laisser la marge sans recouvrir l'extérieur est appliqué.

En 1885, un autre agriculteur de Castres, même département, a ensilé en plein air, en construisant des meules complètement dégagées sur toutes leurs faces, en pressant comme M. Jules Cormouls-Houlès, et il a parfaitement réussi ; la perte par les bords est insignifiante.

Dès lors, l'emmeulage en plein air des fourrages verts devient une opération très simple et à peu près exempte des frais de premier établissement (1).

Le tassement, si important dans l'ensilage, empêche l'accès de l'air et enlève l'eau de végétation du maïs, tout au moins en partie.

M. Grandeau a résumé ainsi la théorie des divers phénomènes auxquels donne lieu l'entassement des fourrages verts dans un silo aussi hermétiquement clos que possible ; nous lui laissons la parole :

Le maïs-fourrage est composé, comme toutes les matières végétales alimentaires, d'un certain nombre de prin-

(1) Th. Petit, *l'Ensilage des fourrages verts et l'enquête anglaise.*

cipes immédiats qui jouent dans la nutrition des rôles différents. Les plus importants, parmi ces principes, sont : 1° les matières azotées; 2° le sucre; 3° la matière grasse ; 4° la fécule ou amidon ; 5° la cellulose.

Le maïs caragua vert contient de 84 à 86 pour 100 d'eau. Sa composition au moment de la récolte peut être ainsi représentée :

Eau	86,20
Sucre	0,43
Matière azotée	0,90
Matière non azotée (fécule)	7,67
Matière grasse	0,18
Cellulose, ligneux	3,67
Cendres	0,95
	100,00

Dans les silos, ces principes immédiats subissent, sous l'influence de la fermentation, diverses modifications dont le résultat final a pour conséquence d'amener l'enrichissement du fourrage en certains principes aux dépens d'autres qui se décomposent et disparaissent sous forme d'eau, d'acide carbonique, d'alcool et autres composés volatils.

Les modifications qui se produisent dans la composition du maïs prennent également naissance, à des degrés différents, dans les matières additionnelles, ensilées avec le maïs, telles que paille, balles, siliques, etc. Ce qui est vrai des réactions chimiques accomplies dans la fermentation du maïs vert l'est aussi pour les autres végétaux qu'on y peut mélanger avec grand succès. D'après les analyses faites à la station agronomique, par M. Leclerc et par moi, des produits des silos de M. Lecouteux, produits qui me sont arrivés dans un parfait état de conservation et de fraîcheur, les diverses phases de la fermentation du maïs-fourrage, additionné de quantités variables de paille et de balles de blé, peuvent se résumer ainsi :

1° Fermentation du sucre tout formé dans la plante, production d'alcool, d'*éthers composés ?* et d'acide en quantité notable ;

2° Transformation partielle de l'amidon et d'une partie du ligneux en sucre de glucose, sous l'influence de l'acidité du mélange ;

3° Concentration de la matière grasse et de la substance azotée du fourrage, par suite de la destruction de la matière non azotée (fécule et cellulose) ;

4° En définitive, enrichissement du fourrage en principes azotés par rapport aux substances non azotées qu'il renferme.

Le maïs de Cerçay, de M. Lecouteux, analysé par M. Grandeau, a donné la composition suivante :

	Maïs naturel.	Maïs ensilé avec balle.
Eau	86,20	60,72
Sucre	0,43	1,89
Matière azotée	0,90	3,74
Matière non azotée (fécule)	7,67	14,59
Matière grasse	0,18	1,50
Cellulose, ligneux	3,67	8,70
Cendres	0,95	8,43
Acide	0,00	0,43
	100,00	100,00
Matière azotée	1	1
Matière non azotée	9,09	4,81

Comme on le voit, l'ensilage est avant tout une question de fermentation. Or, M. Fry, de Chobbam, est le premier qui ait appelé l'attention sur l'importance de laisser le fourrage dans le silo atteindre une température comprise entre 50 et 65 degrés, avant de le comprimer et de le recouvrir. Par cette élévation de température, la fermentation s'établit comme pour le foin, et donne un fourrage apparemment le plus insipide ou de qualité infé-

rieure, les propriétés appétissantes et nutritives qui le font rechercher par le bétail. Suivant M. Fry, en excluant trop rapidement l'air, à l'aide du tassement dans le silo, on empêche la température de 50 degrés de se produire, et la fermentation lactique ou acétique peut seule alors se développer en donnant un produit acide. Si, d'après les recherches de Pasteur, une température supérieure à 50 degrés suffit pour détruire les bactéries qui provoquent la fermentation acide, avant que la masse ensilée soit tassée et couverte, on comprend que le résultat préconisé par M. Fry soit toujours atteint.

Comme nous l'avons déjà dit, l'ensilage peut être appliqué à d'autres fourrages, tels que le seigle vert, l'herbe de prairie, l'avoine, le trèfle, choux, etc.

« Une pratique qu'on ne saurait trop recommander, dit M. Petit, consiste à saupoudrer chaque lit de fourrage ensilé d'une poignée de sel *dénaturé*, tel qu'on le fournit, exempt de droits, à l'agriculture ; il a la propriété d'augmenter la digestibilité du fourrage et de le rendre plus appétissant pour le bétail. Il est notamment très favorable aux vaches laitières ; la production du lait est augmentée et on obtient du beurre plus fin, plus estimé. »

La conservation du fourrage bien ensilé est, pour ainsi dire, indéfinie ; mais la consommation peut être commencée au bout de deux mois, si les besoins de l'exploitation l'exigent. Si on arrête, il faut recouvrir la partie mise à nu, afin de protéger le tas d'un excès de contact avec l'air.

On est généralement dans l'usage de découvrir par le dessus la largeur de la tranche qu'on veut prendre ; puis cette tranche est découpée, soit avec une bêche assez effilée, soit avec une hache. Remué, le fourrage *foisonne* et reprend presque le volume qu'il avait lors de l'ensilage.

Nous donnons ci-après quelques résultats d'analyses

faites par le docteur A. Vœlcker, de différents fourrages ensilés (tableau XXX).

Le liquide noir qui s'écoule des silos n'a pas d'emploi ; il est d'ailleurs peu riche, comme le montre cette analyse de Vœlcker :

Eau	92.88	
Composés albuminoïdes	1.44	
Acides fixes (acide lactique)	0.74	
— volatils (butyrique et acétique)	0.68	
Composés hydrocarbonés et amides.	2.18	contenant en azote,
Matières minérales (cendres)	2.52	0,050
	100.44	

Une autre plante fourragère, moins répandue toutefois, est le sorgho, qui n'est guère cultivé en France que depuis 1852, époque à laquelle M. de Montigny importa des semences de la Chine.

Cette plante rend de 35000 à 80000 kilogrammes de fourrage par hectare, On le donne généralement en vert. M. Théron de Montaugé reproche à ce fourrage de faire tourner le lait des vaches.

III. Il nous reste à examiner maintenant la physiologie spéciale des cultures de plantes-racines ou à tubercules, employées comme fourrages. Les trois principales sont : la pomme de terre, le topinambour et la carotte ; on pourrait y ajouter la betterave fourragère, mais nous renvoyons au chapitre X (plantes industrielles) pour ce qui a trait à cette culture.

Suivant M. Payen, la pomme de terre renferme en moyenne :

Fécule	20,00
Epiderme, pectate et pectinate de chaux, soude et potasse	1,65
Albumine et matières azotées analogues	1,50
Matières grasses	0,10

COMPOSITION DE DIVERS FOURRAGES ENSILÉS (D'APRÈS LE DOCTEUR A. VŒLCKER).

Tableau XLI.

	HERBE de prairie avec sel.	HERBE de prairie sans sel.	SEIGLE vert.	CHOU	VESCE hachée.	AVOINE hachée.	TRÈFLE haché (2e année)	TRÈFLE et sainfoin.	
Eau	71,60	73,40	75,19	86,97	78,40	74,80	65,20	57,55	
Matière grasse et chlorophylle	»	»	0,86	»	»	»	»	»	
Acides acétique, butyrique, etc. (vol.)	»	(0,24)	0,11	(0,09)	(0,17)	(0,07)	0,63	0,28	70,36
Acide lactique (fixe)	(0,25)	(1,20)	0,02	(0,33)	(0,48)	(0,01)	(1,26)	0,76	soluble
Sucre et mat. hydrocarbonées solubles	2,28	7,53	1,10	2,30	1,82	2,78	(7,49)	6,41	
Matières minérales solubles	»	»	0,98	1,53	»	»	»	2,23	
Composés albuminoïdes solubles (1)	3,25	1,93	1,01	0,82	3,12	2,18	3,62	3,43	
— — insolubles (1)			0,75	1,22				4,44	
Fibre digestible	»	»	8,41	»	»	»	»	»	29,64
Fibre ligneuse insoluble	18,81	15,46	11,08	6,64	14,27	18,84	20,75	23,22	insolub
Matières minérales insolubles	4,06	1,68	0,49	0,52	2,39	1,40	2,94	1,88	
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
(1) Contenant, azote	0,52	0,31	0,28	0,32	0,50	0,35	0,58	1,26	

Asparagine..................................	0,12
Sucre, résine, huile essentielle..................	0,10
Citrate de potasse, phosphate de chaux, de potasse, de magnésie, silice, alumine, oxyde de fer et de magnésie..................................	1,50
Eau..................................	74,00

Comme on le voit, la pomme de terre est très pauvre en azote et en matières grasses ; c'est un aliment hydro-carboné, qui seul ne pourrait pas constituer une ration alimentaire.

L'examen agricole de la pomme de terre comprend les points suivants : 1° richesse en fécule, soit que la plante doive servir à l'alimentation, de l'homme (plante alimentaire), des animaux (plante fourragère) ou bien qu'elle serve à la féculerie (plante industrielle) ; 2° rendements ; 3° bonne conservation. Ce qu'on recherche dans la culture, ce sont des pommes de terre à grand rendement, de bonne conservation et riches en fécule. On y arrive par le choix des variétés appropriées au climat et au sol, et par le mode de culture.

Les variétés de pommes de terre se comptent par centaines.

M. H.-L. de Vilmorin a classé ces variétés méthodiquement ; voici les bases de sa classification (1) :

1° Jaunes rondes ; 2° jaunes longues entaillées ; 3° jaunes longues lisses ; 4° rosées, rondes et obrondes ; 5° rouges rondes ; 6° rouges longues lisses ; 7° rouges aplaties ; 8° rouges longues entaillées ; 9° panachées rouges ; 10° panachées violettes ; 11° violettes rondes ; 12° violettes longues.

En ce qui concerne le mode cultural, il convient tout d'abord de relever une erreur qui s'est fortement enracinée dans ces derniers temps.

(1) H.-L. de Vilmorin, *Catalogue méthodique et synonymique des principales variétés de pommes de terre.* 2e édit , 1886.

Autrefois, on préconisait pour les pommes de terre l'emploi des engrais potassiques. On croyait qu'elles ne pouvaient que très difficilement retirer du sol les quantités de potasse qui se trouvent amassées dans toutes leurs parties. L'erreur qui est au fond de ce raisonnement, fait observer le docteur Paul Wagner, a été prouvée. Ces plantes, bien au contraire, semblent avoir une *aptitude* toute spéciale à retirer la potasse qui leur est nécessaire, même des combinaisons les plus insolubles et des solutions les plus *diluées*. Un fumage direct avec un engrais potassique est donc inutile. Par contre, cet engrais peut être donné en excès à la plantation qui précéderait. La forte dilution dans laquelle la potasse est de cette façon offerte à ces plantes leur est plus profitable, et répond mieux à leur nature que la solution concentrée produite par un engrais direct. Il en est tout autrement de l'engrais phosphaté et azoté. Ces plantes ne paraissent pas posséder un grand degré d'absorption pour ces deux agents de nutrition, car, malgré un engrais d'étable tout récent, une addition de 100 à 200 kilogrammes de nitrate de soude, par hectare, produit souvent un grand excès de rendement.

Voici les limites déterminées par M. Wagner, en ce qui concerne ces engrais :

	Minimum par hectare.	Maximum par hectare.	Moyenne par hectare.
	kgr.	kgr.	kgr.
Acide phosphorique soluble..	30	50	40
Azote......................	20	30	25

A ce sujet, le savant professeur de la station agricole de Darmstadt (1) fait remarquer que :

L'acide phosphorique est à donner habituellement sous forme de phosphate acide, et l'azote *toujours* sous forme de *nitrate de soude*.

(1) P. Wagner, *la Question des Engrais*, broch. 1887, Paris.

Plus le terrain est humide, riche en humus et lourd, plus aussi il faut faire usage d'acide phosphorique et diminuer la quantité d'azote; le contraire doit avoir lieu pour les terrains légers.

M. Dudoüy a fait des expériences comparatives sur la culture des pommes de terre, desquelles il résulte que les variétés les plus recommandables pour leur rendement ou leur richesse en fécule, tout au moins dans les conditions où il a opéré, sont :

Demi-hâtives à forme de rognon :	Rendement à l'hectare.	Richesse en fécule.
Internationale	25,000 kilos	15,70 0/0
Davie's Matchless	24,650	14,60
Covent-Garden	22,000	15,80
Woodstock-Kidney	26,650	17,50
Yorkshire-Hero	21,400	»
La Boulangère	24,000	12,20
Salmon-Kidney	23,650	14,60
Hollande	22,400	18,75
Early-Rose	25,650	13,75
Flocon de neige	25,000	14,10
Demi-hâtives à forme ronde :		
Blanchard	21,500	12,80
White-Don	25,650	17,50
Reading-Abbey	24,000	18,50
Imp. Early-Schaw	20,000	15,70
Early-Fortyfold	25,500	15,70
Tardives à forme de rognon :		
Magnumbonum	34,000	15,70
Saucisse	30,000	13,75
Late-Rose	23,300	13,50
Belgian-Fluke	26,000	13,75
Crompton's Surprise	22,000	19,50
Tardives à forme ronde :		
Paterson-Regent	36,000	18,50
Merveille-d'Amérique	27,650	21,60
Red-Skin-Flourball	27,000	17,50

Tardives à forme ronde :	Rendement à l'hectare.	Richesse en fécule.
Scotch-Champion................	28,000 kilos	21,60 0/0
Improved-Peach-Blow	22,000	21,60
Dumbar-Regent.................	23,300	19,50
Chardon.......................	24,000	16,50

Comme on peut le voir par les chiffres ci-dessus, ce sont toujours les pommes de terre tardives qui donnent le plus fort rendement en poids et en fécule.

On devra donc de préférence cultiver pour les féculeries les variétés rondes tardives, et choisir principalement les variétés anglaises et américaines récemment introduites, car elles donnent un rendement plus élevé et une plus forte proportion de fécule que le shaw et le chardon presque exclusivement cultivés dans ce but aujourd'hui.

Pour l'approvisionnement des marchés, il sera bien préférable de cultiver les variétés longues, parmi les demi-hâtives et les tardives, telles que : flocon de neige, internationale, belgian-fluke, magnum bonum.

Les variétés hâtives n'ont pas été comprises dans cette classification, car le rendement et la richesse en fécule ne sont généralement pas élevés ; elles ne méritent d'être cultivées que pour la consommation immédiate, ou quand l'on se trouve à portée d'une grande ville.

Plus récemment, M. Fasquelle a étudié quelques variétés au point de vue de la durée de la végétation, de leur rendement en tubercules et de leurs propriétés culinaires. Ces essais ont été exécutés près de Lons-le-Saunier. Il arrive à ces conclusions, qu'il n'existe aucun rapport entre le rendement et la durée de la végétation.

Quant aux rendements, M. Fasquelle en déduit le classement suivant :

Violette grosse (Vicard), la plus productive,
Flocon de neige,
Farineuse rouge,

Pousse-debout,
Quarantaine de la table,
Modèle,
Violette d'Islande,
Feuille d'ortie.

L'auteur de ces essais fait observer avec raison qu'une variété assez mauvaise, comme la farineuse rouge, dans le département de Seine-et-Marne, occupe au contraire le premier rang dans le Jura, sous un climat et sur un sol qui diffèrent beaucoup du sol et du climat des environs de Paris (1).

En ce qui concerne la conservation, c'est-à-dire la rusticité ou la résistance à la maladie, des expériences ont été tentées par le frère Eugène Marie; il a opéré sur dix-huit variétés; ses résultats sont consignés dans le tableau.

Pour rendre plus exactes les recherches sur la rusticité des dix-huit espèces, elles ont été placées dans des conditions défavorables. Et, pour cet effet, lors de la plantation, les racines ont été mises en contact immédiat avec du fumier consommé (2).

Les caves dans lesquelles on conserve les pommes de terre sont généralement trop profondes, peu aérées, malsaines.

Aussi, tout l'hiver et surtout au printemps, les tas s'échauffent par la fermentation, les germes se développent prématurément, les tubercules deviennent insipides à manger quand ils ne sont pas malsains.

Il serait tout aussi facile et plus économique de creuser sous un hangar, dans une grange, des silos peu profonds, d'y mettre des pommes de terre après les avoir bien lais-

(1) *Bulletin des séances de la Société nationale d'agriculture de France*, année 1888, p. 81.

(2) *Annales agronomiques : Etudes sur les meilleures espèces de pommes de terre*, par le frère Eugène Marie, t. I, p. 355, 1875.

sées sécher ; puis recouvrir légèrement de terre ou de paille pour garantir des fortes gelées.

Tableau XXXXII.

NOMS DES VARIÉTÉS	GATÉES p. 100 au 1er nov.	GATÉES p. 100 au 1er déc.	GATÉES p. 100 au 1er janv.	GATÉES p. 100 au 1er févr.	Classemt d'après leur rusticité.
Pommes de terre de Zélande	2,45	5,28	7,65	8,57	10
Red-Kinned flow ball.	4,57	6,88	6,88	7,38	7
Saucisse	7,21	11,80	11,43	12.10	11
Grosse d'Amérique	3,29	7,25	6,40	8,40	8
Van der Veer	0,94	1,74	1,74	2, »	3
Seed	»	»	»	0,10	1
Farinosa	14,43	22,70	22,70	22,92	14
Irish-pink eyed	10,87	19,08	19,08	19,68	13
Early-don	15,28	25,20	25,20	25,70	6
Mangel-Wurtzel	12,64	18,49	18,49	18,94	12
Géante	19,95	30,76	31,93	34,86	18
Early-Rose	3,46	7,22	7,22	7,22	6
Grosse-Jaune	4,39	8, »	8, »	8,50	9
Violette strub	13,83	20,78	22,87	25,28	15
Juxière améliorée	2,77	6,16	6,16	7,96	5
De trois mois	16,18	28,54	28,80	29,54	17
Schaw ou chave	»	»	»	0,80	2
Chardon	1,07	2,15	2,15	3,55	4
Moyenne	7,407	12,26	12,66	13,47	

On peut encore se contenter de les placer dans un grenier, dans une grange, de les entourer pendant l'hiver, de 20 à 30 centimètres de menue paille ou de feuilles bien sèches ; puis donner de l'air dès que les fortes gelées ne sont plus à craindre. Dans quelques localités de l'Ouest, on met une grande partie de la récolte de pommes de terre au centre des meules de paille, ou dans des silos creusés en terre saine et recouverte d'un abri artificiel et mobile.

Quelques jardiniers, qui approvisionnent la halle de Paris, passent leurs pommes de terre au four après que le pain en est retiré et les y laissent cinq à six minutes, puis les retirent et les mettent en cave. Cette opération, ainsi que le fait remarquer M. Malé (1), fait évaporer une partie de l'eau de végétation et ride la pomme de terre; mais cet inconvénient disparaît après quelque temps à la cave, où elles reprennent leur apparence première. Le principal effet consiste dans la destruction du germe, qui ne peut plus se développer; les pommes de terre ainsi préparées sont excellentes pour les consommateurs, mais elles ne peuvent plus servir pour la semence.

On aurait tort de croire que les pommes de terre destinées aux animaux ou à un travail n'exigent pas tous ces soins. Il est très mauvais pour un animal quelconque de manger des tubercules malades, pourris; les produits de la féculerie et surtout de la distillerie se ressentent fortement de la plus ou moins bonne conservation de cette matière première (2).

Le topinambour, dont il a été fortement question dans ces derniers temps, a de précieux avantages pour l'alimentation du bétail et pour la mise en valeur des terres stériles.

Le topinambour, disait un ancien ministre, M. de Tracy, est la betterave des pays pauvres. En effet, il doit avoir sa place dans les terres pauvres, comme la betterave doit occuper les terres riches : celle-ci a déjà fait la richesse des contrées du nord de la France, celui-là est appelé à faire l'amélioration des terres du Centre et du Midi.

Le topinambour est d'une rusticité extraordinaire; de plus, il est presque indifférent en ce qui concerne la qualité du sol, des engrais et des façons culturales.

(1) Maurice Maulé, *la Pomme de terre et sa culture rationnelle.*

(2) *Moniteur des syndicats agricoles,* 1re année, p. 306, 1886.

On a longtemps prétendu, fait observer M. Stephen David, qu'une fois le topinambour implanté dans une terre, celle-ci en était pour toujours infestée. On affirmait que, malgré plusieurs labours, il restait dans le sol assez de petits tubercules, pour étouffer la végétation de la récolte devant faire suite.

Aussi a-t-on généralement pris le parti de ne sacrifier au topinambour que les plus mauvaises terres d'une ferme, celles impropres à toute autre culture, et on l'y laissait indéfiniment.

Il est maintenant reconnu, qu'en faisant suivre le topinambour d'une récolte d'avoine et de fourrages à couper en vert, cet inconvénient n'est pas à craindre. Après quelques coupes, la vitalité des tubercules est épuisée, et la plante cesse de repousser.

Ce préjugé a certainement contribué à jeter la défaveur sur cette culture, d'autant plus qu'après la seconde année, la trop grande multiplication des tiges vient nuire à la récolte, en empêchant l'accroissement des tubercules, trop rapprochés dans le sol, et qui ne peuvent laisser le topinambour que deux années de suite, sa destruction étant alors assurée par une ou deux récoltes fauchées en vert qui, en outre, préparent la terre à une bonne récolte de céréales.

Pourtant, en Alsace, on est arrivé à laisser utilement la culture du topinambour en permanence dans les mêmes terres.

On a aussi reproché au topinambour de ne pouvoir se récolter au moment de la maturité, faute de pouvoir conserver les tubercules en silos, comme on le pratique pour la betterave.

Effectivement, on est obligé de n'arracher le topinambour qu'au fur et à mesure des besoins, du mois de novembre à celui de mars ou d'avril.

L'utilisation des tubercules de topinambour, à l'alimentation du bétail, bien que généralement reconnue avantageuse, et entrée dans la pratique de beaucoup de contrées, a parfois donné lieu à certains accidents, contre lesquels il serait pourtant facile de se prémunir.

Il est admis aujourd'hui, continue M. David (1), que si une petite quantité de sucre est utile dans l'alimentation, il n'en est pas de même en exagérant la dose de cet élément, qui devient même nuisible aux fonctions digestives de l'animal ; c'est ce qui arrive, avec l'emploi du topinambour, plus riche en matières sucrées que les meilleures betteraves, lorsqu'on en donne au bétail de trop fortes rations, sans qu'il soit accoutumé à cette nourriture.

Il suffirait, pour éviter cet inconvénient, de ne donner les tubercules aux animaux, qu'après les avoir découpés en tranches, au moyen d'un coupe-racines, et mélangés avec des fourrages ou pailles hachés avec lesquels on les laisse fermenter en tas, jusqu'au moment où l'élévation de température et l'odeur vineuse qui se dégage du mélange indiquent la transformation en alcool, de la matière sucrée en excès.

Avec l'application du topinambour à la distillation, l'inconvénient signalé plus haut disparaît, les pulpes ou résidus, provenant de la distillerie, ne devant plus renfermer, si le travail a été bien conduit, qu'une très faible quantité de matière sucrée, ce qui permet d'en donner sans crainte, au bétail, des rations suffisantes.

Dans la pratique industrielle, on a longtemps considéré la distillation du topinambour, comme identique à celle de la betterave ; on avait seulement observé que la fermentation donnait des produits assez variables en alcool,

(1) *Journal de l'agriculture*, 1883, t. III. *Etudes sur le topinambour.*

mais sans pouvoir préciser la cause de ces irrégularités de rendement, ni en prévenir la répétition. La composition du topinambour, en tant que plante saccharifère, présente pourtant, avec celle de la betterave, une différence essentielle, la matière sucrée n'existant pas, comme dans cette dernière racine, à l'état de sucre parfait et soluble.

MM. G. Ville et Joulie ont fait connaître, en 1866, la véritable nature de cette matière saccharigène propre au topinambour, à laquelle ils ont donné le nom de *lévulose*.

Le topinambour contient près de 15 pour 100 de ce glucose. Or, la pulpe, résidu de la distillation du topinambour, renferme 6 pour 100 d'azote. Elle est donc deux fois plus nourrissante que celle de la betterave.

La *carotte fourragère*, dont il nous reste à dire un mot, entre souvent dans l'alimentation des chevaux et des vaches. Pour le cheval, on la considère en outre, et à bon droit, comme ayant une action rafraîchissante sur l'organisme.

Voici, d'après M. Dudoüy, la composition moyenne des trois meilleures variétés de carottes :

	Rouge intermédiaire de Sutton ayant donné 40 000 k. à l'hect.	Rouge pâle de Flandre ayant donné 45 000 k. à l'hect.	Blanche à collet vert 40 000 k.
Eau	83,50	85,50	87,00
Cellulose / Cendres	2,97	2,91	2,60
Matières azotées	1,87	1,36	0,99
Matières non azotées	11,66	10,23	9,51

En outre, la carotte renferme une quantité notable de sucre.

Des analyses précédentes, il résulte que les carottes rouges présentent une relation nutritive supérieure à celle des carottes blanches, ce qui est d'ailleurs bien connu.

Données aux vaches laitières, les carottes produisent

peut-être un peu moins de lait que les betteraves fo[illegible] gères, mais, comme le fait remarquer M. Kuhn, [illegible] est de bien meilleure qualité et de meilleur goût.

Elles sont facilement digestibles, ne causent au[illegible] surcharge d'aliments et sont, par cela même, très av[illegible] geuses pour l'alimentation des vaches pleines. Il est [illegible] d'en donner de temps en temps en raison de leur influence très bienfaisante sur les organes digestifs. On prétend qu'elles bonifient notablement le beurre.

MM. Müntz et Girard, dans leurs recherches sur la digestion des fourrages employés dans l'alimentation des chevaux, sont arrivés à cette conclusion, que la carotte est un aliment que l'organisme du cheval peut utiliser presque en totalité.

La carotte est donc un fourrage très avantageux. Cette plante, en grande culture, donne de 300 à 900 hectolitres de racines par hectare, l'hectolitre pesant en moyenne 55 kilogrammes.

On cultive cette racine de deux manières, soit comme récolte principale, c'est-à-dire occupant seule la terre, soit sur un terrain déjà chargé d'une autre récolte, c'est-à-dire en récolte dérobée.

Ce dernier mode de culture donne en général des rendements un peu inférieurs, qui dépendent d'ailleurs de la nature de la plante entre laquelle elle est intercalée.

Dans une récolte de carotte, les feuilles, y compris les résidus provenant du décolletage, égalent environ le tiers du poids des racines.

Le *panais* a quelque analogie avec la carotte, tant comme culture que comme fourrage, mais il a le grand inconvénient d'être très exigeant comme climat et comme sol, ce qui paraît devoir être un obstacle à ce que cette culture se généralise.

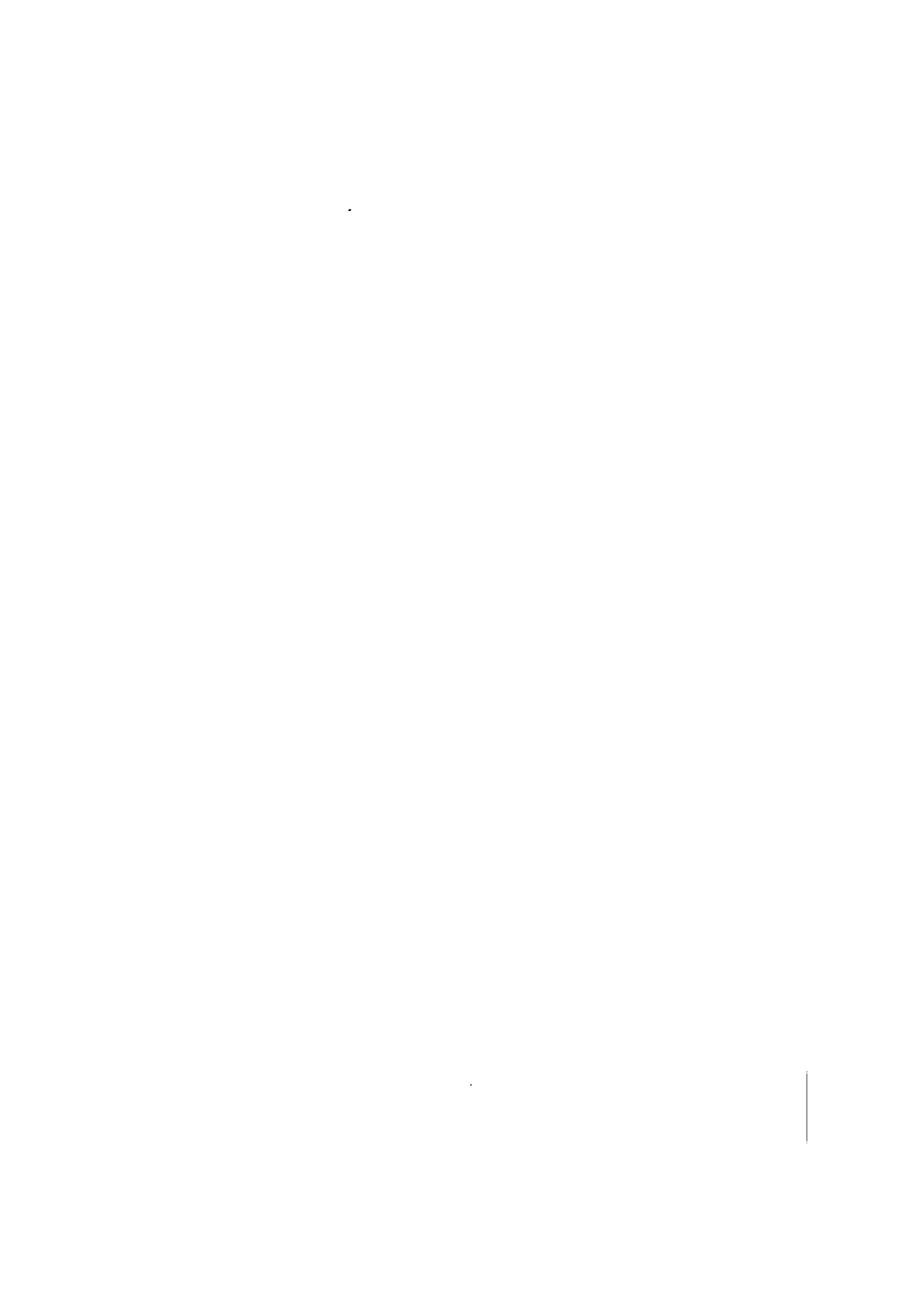
Les *navets* sont plus rarement cultivés comme plante

fourragères, en France tout au moins, généralement, à cause de leur saveur délicate et surtout de leurs faibles rendements, on les réserve pour la nourriture de l'homme.

Toutefois, depuis quelques années on cultive quelques variétés spéciales pour le bétail, notamment le navet Globe vert impérial, le navet rose du Palatinat et le navet Mammouth, qui ont le précieux avantage de pouvoir être cultivés en récoltes dérobées, car ils peuvent être semés de juin en août. Les rendements, toutefois, ne dépassent guère 15 000 à 20 000 kilogrammes à l'hectare.

Nous terminons ici ce qui a trait à la physiologie des cultures; certes, nous aurions pu facilement multiplier encore les exemples, mais nous avons cru utile de nous borner aux cultures les plus importantes de notre pays; elles feront voir toutes les différences que présentent les différentes plantes cultivées, tant au point de vue des conditions météorologiques, de la nature du sol, des exigences culturales et surtout de la nature des engrais à leur appliquer.

TABLE DES MATIÈRES.



INDEX ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES NOMS D'AUTEURS CITÉS DANS CET OUVRAGE.

TABLEAUX SYNOPTIQUES

CONTENUS DANS CET OUVRAGE.

Paris. — Typographie A. Hennuyer, rue Darcet, 7.

PARIS. — TYPOGRAPHIE A. HENNUYER, 7, RUE DARCET.



